

COMPLEX PUMP

Publication number: JP2002349464 (A)

Publication date: 2002-12-04

Inventor(s): IWANE MATSUMI; SHU EIGEN +

Applicant(s): KASHIYAMA KOGYO KK +

Classification:

- International: F04C18/16; F04C18/344; F04D19/04; F04D29/32; F04D29/38; F04D29/54; F04C18/16; F04C18/34; F04D19/00; F04D29/32; F04D29/38; F04D29/40; (IPC1-7); F04C18/16; F04C18/344; F04D19/04; F04D29/32; F04D29/38; F04D29/54

- European:

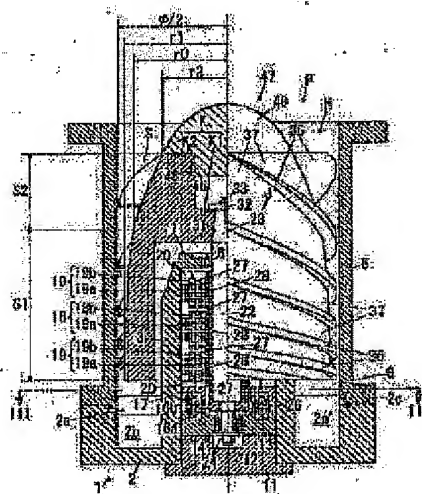
Application number: JP20010157967 20010525

Priority number(s): JP20010157967 20010525

Abstract of JP 2002349464 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small complex pump (complex compressor) usable in the atmosphere and having a simple structure.

SOLUTION: A rotor H has, on its outer surface, a gas transporting part S having a gas transporting part S2 of a turbo molecular pump type in the upstream part and a gas transporting part S1 of a screw groove pump type in the downstream part that rotate around the core of a rotating shaft J coaxial with a casing 6 and transports gas axially during the rotation in the casing 6 having a cylindrical inner surface. The gas transporting part S2 of the turbo molecular pump type has a plurality of vanes 41 and grooves 42 for transporting gas formed between the vanes 41, and the bottom of each groove 42 has the outer diameter increasing toward the upstream end. The gas transporting part S2 transports a large amount of gas and the gas transporting part S1 of the screw groove pump type has a high compressing function, so that the complex pump can be used as a good pump or compressor even in the atmosphere.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

Reference 2:

A rotor H is mounted on a shaft J for rotation in a casing 6 having a cylindrical inner surface, and provided with a fluid pumping portion including a turbo-molecular pump type fluid pumping section S2 on the upstream side and a thread groove type fluid pumping section S1 on the downside for pumping axially the fluid during rotation of the rotor. The turbo-molecular pump type fluid pumping section S2 includes a plurality of banes 41 and groove 42 defined between the adjacent banes. The diameter of the bottom of the grooves 42 decreases towards the upstream side. The pumping section S2. The pumping section S2 provides a large pumping amount of fluid whereas the thread groove type pumping section S1 has a superior compression function.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-349464

(P2002-349464A)

(43) 公開日 平成14年12月4日 (2002.12.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターボポンプ (参考)
F 0 4 C 18/344	3 1 1	F 0 4 C 18/344	3 1 1 3 H 0 3 1
	3 5 1		3 5 1 A 3 H 0 3 3
18/16		18/16	A 3 H 0 3 4
F 0 4 D 19/04		F 0 4 D 19/04	D 3 H 0 4 0
			G
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 22 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-157967(P2001-157967)

(22) 出願日 平成13年5月25日 (2001.5.25)

(71) 出願人 591255689

極山工業株式会社

東京都杉並区高円寺南1丁目32番3号

(72) 発明者 岩根 松美

長野県小諸市市773-32

(74) 代理人 100094905

弁理士 田中 隆秀

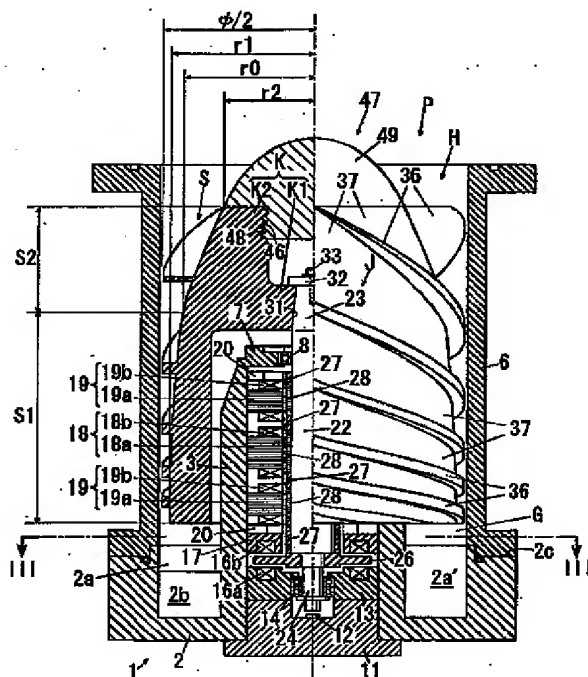
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合型ポンプ

(57) 【要約】

【課題】 大気中で使用可能な小型で構成が簡素な複合型ポンプ（または複合型圧縮機）を提供すること。

【解決手段】 円筒状内側面を有するケーシング6内で前記ケーシング6と同軸の回転軸Jの軸心回りに回転するとともに回転時に軸方向に気体を移送する上流部のターボ分子ポンプ型気体移送部S2と下流部のねじ溝式ポンプ型気体移送部S1とを有する気体移送部Sが外側面に形成された回転子Hであって、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2は複数の翼41と各翼41の間に形成された気体移送用溝42とを有し、溝42の底面は上流端に行くに従って外径が小さくなるように形成されている。ターボ分子ポンプ型気体移送部S2は大きな気体移送量が得られ、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1は優れた圧縮機能を有するので、本発明の複合型ポンプは、大気中でも優れたポンプまたは圧縮機として使用することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】次の構成要件（B01）～（B05）を備えた複合型ポンプ、（B01）円筒状内側面を有するケーシング内で前記ケーシングと同軸の回転軸の軸心回りに回転するとともに回転時に軸方向に気体を移送する気体移送部が外側面に形成された回転子、（B02）気体移送方向の上流部のターボ分子ポンプ型気体移送部と下流部のねじ溝式ポンプ型気体移送部とを有する前記気体移送部、（B03）前記回転子外側面の前記下流部分に円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅の複数のねじ山と前記複数の各ねじ山の間に形成されるねじ溝とを有し、前記ねじ溝の底面の前記回転軸からの距離であるねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送する前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部、（B04）前記回転子外側面の前記上流部に円周方向に所定間隔で形成され且つ所定の翼角を有する複数の翼と前記複数の各翼の間に形成された気体移送用溝とを有し、前記各翼は気体移送方向上流端の翼厚が下流端よりも薄く且つ下流端が前記ねじ山の上流端に連続するように形成され、前記気体移送用溝の底面の前記回転軸の軸心からの距離である気体移送用溝の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、回転時に上流端から取り入れた気体を圧縮して前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部の上流端に移送するターボ分子ポンプ型気体移送部。（B05）前記ターボ分子ポンプ型気体移送部の上流端から上流側に突出する軸対称な曲面により形成され且つ前記ターボ分子ポンプ型気体移送部の前記気体移送用溝の上流端の底面に気流をガイドする前記気流ガイド面を有する整流部材、

【請求項2】次の構成要件（B01）～（B04）、（B06）、（B07）を備えた複合型ポンプ、（B01）円筒状内側面を有するケーシング内で前記ケーシングと同軸の回転軸の軸心回りに回転するとともに回転時に軸方向に気体を移送する気体移送部が外側面に形成された回転子、（B02）気体移送方向の上流部のターボ分子ポンプ型気体移送部と下流部のねじ溝式ポンプ型気体移送部とを有する前記気体移送部、（B03）前記回転子外側面の前記下流部分に円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅の複数のねじ山と前記複数の各ねじ山の間に形成されるねじ溝とを有し、前記ねじ溝の底面の前記回転軸からの距離であるねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送する前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部、（B04）前記回転子外側面の前記上流部に円周方向に所定間隔で形成され且つ所定の翼角を有する複数の翼と前記複数の各翼の間に形成された気体移送用溝とを有し、前記各翼は気体移送方向上

流端の翼厚が下流端よりも薄く且つ下流端が前記ねじ山の上流端に連続するように形成され、前記気体移送用の溝の底面の前記回転軸からの距離である気体移送用溝の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、回転時に上流端から取り入れた気体を圧縮して前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部の上流端に移送するターボ分子ポンプ型気体移送部。（B06）大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成され、且つ、前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部からの吐出気体が流入する排気空間、（B07）前記排気空間の大径円筒壁および小径円筒壁にそれぞれ接続する大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成され且つ気体が旋回しながら排気される気体旋回用溝と、前記気体旋回溝の下流端に接続して前記大径円筒壁の接線方向に延びる接線方向排気孔。

【請求項3】次の構成要件（B08）を備えた請求項1または請求項2記載の複合型ポンプ、（B08）前記各翼は上流端の翼厚が3mm以下に形成された前記ターボ分子ポンプ型気体移送部。

【請求項4】次の構成要件（B09）を備えた請求項1ないし請求項3のいずれか記載の複合型ポンプ、（B09）前記ターボ分子ポンプ型気体移送部の上流端の上流側に設けたターボ分子ポンプであって、気体の移送方向に沿って交互に配置された複数の動翼および複数の静翼を有し、前記複数の動翼は前記回転子の外周に設けられ且つ前記複数の静翼が前記ケーシング内面に設けられた前記ターボ分子ポンプ。

【請求項5】次の構成要件（B01）、（B03'）、（B09'）を備えた複合型ポンプ、（B01）円筒状内側面を有するケーシング内で前記ケーシングと同軸の回転軸の軸心回りに回転するとともに回転時に軸方向に気体を移送する気体移送部が外側面に形成された回転子、（B03'）前記回転子外側面の円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅の複数のねじ山と前記複数の各ねじ山の間に形成されるねじ溝とを有し、前記ねじ山およびねじ溝が上流端から下流端まで連続して形成され、前記ねじ溝の底面の前記回転軸の軸心からの距離であるねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され且つ上流端ではねじ山の半径の80%以下となるように設定され、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送するねじ溝式ポンプ型気体移送部、（B09'）前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部の上流端の上流側に設けたターボ分子ポンプであって、気体の移送方向に沿って交互に配置された複数の動翼および複数の静翼を有し、前記複数の動翼は前記回転子の外周に設けられ且つ前記複数の静翼が前記ケーシング内面に設けられた前記ターボ分子ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大気圧領域から高真空領域までの圧力領域で好適な排気動作を行うことの可能なポンプに関し、特に、気体移送性能の高いターボ分子ポンプの機能と気体圧縮性能の高いねじ溝式ポンプの機能とを有する複合型ポンプに関する。本発明の複合型ポンプは、半導体製造用のCVD装置の真空チャンバを真空にする際や、大気圧中で気体を圧縮してエンジンの吸気系や燃料電池に供給する際等に使用される。

【0002】

【従来の技術】（ねじ溝式ポンプ）前記ねじ溝式ポンプとしては次の公報（J01）に記載されたものが従来公知である。

（J01）特公平6-92799号公報記載の技術

この公報には、高真空領域での排気効率を高めるため、高真空領域での気体取り込み量を増加させたねじ溝式ポンプが記載されている。この公報に記載されたねじ溝式ポンプは、気体搬送方向の上流端部の溝幅比（溝幅／（山幅＋溝幅））を0.8～0.95とし、上流端に行くに従って溝深さを深く形成することにより、上流端の気体取り込み量を増大させようとしている。

【0003】（前記従来技術（J01）の問題点）前記従来技術は、実際には高真空領域において期待する程排気効率が向上しなかった。その理由は明らかでないが、例えば次のような理由があるのではないかと想像される。

（1）元々、高真空領域での排気性能が低いねじ溝式ポンプにおいて、気体移送方向の上流端から下流端までねじ溝式ポンプの理論により真空ポンプを設計しているため、高真空領域での気体取り込み量が増加しない。すなわち、高真空領域で排気性能の高いターボ分子ポンプでは気体移送用の翼は強度が有れば薄い程、気体取り込み量が増加して排気性能が向上するが、ねじ溝式ポンプの理論で上流端部のねじ溝およびねじ山を設計しても、高真空領域での気体取り込み量が増加しない。

【0004】（ターボ分子ポンプ）前記ターボ分子ポンプとしては次の公報（J02）に記載されたものが従来公知である。

（J02）特公昭50-27204号公報記載の技術

この公報に記載されているようなターボ分子ポンプは、高真空領域での気体の取り込み性能が高いので、高真空領域における排気特性が優れている。すなわち、ターボ分子ポンプは、円筒状内側面を有するケーシング内で前記ケーシングと同軸の回転軸回りに回転する回転子を有している。前記ケーシング内側面には円周に沿って設けた複数の固定翼（静翼）が軸方向に所定間隔を置いて複数段設けられている。前記回転子の外側面には円周に沿って設けた複数の動翼が軸方向に所定間隔を置いて複数段設けられている。前記静翼および動翼は前記回転軸に対して傾斜しており、その傾斜角（翼角）は上流側から下流側に行くに従って小さくなっている。

【0005】前記軸方向に間隔を置いて複数段配置した

各静翼と動翼とは、各段の静翼と動翼とが軸方向に交互に配置されており、前記動翼の回転により気体移送方向の上流端から取り込んだ気体を下流側に移送するように構成されている。このようなターボ分子ポンプは高真空領域では排気効率が高いが低真空領域での排気効率が低いという問題点がある。また静翼および動翼の数が多くなると、部品点数が多くなり構成が複雑でコスト高になるという問題点があった。さらに、前記静翼および動翼は汚れ易いという問題点もあった。

【0006】（複合型ポンプ）前記ねじ溝式ポンプおよびターボ分子ポンプの長所を組み合わせることで低真空領域から高真空領域まで高い排気効率を得られる真空ポンプを得るため、ねじ溝式ポンプとターボ分子ポンプとを組み合わせる複合型ポンプが従来から知られている。このような複合型ポンプとしては、次の文献（J03）に記載されたものが従来公知である。

（J03）わかりやすい真空技術（日本真空協会関西支部編著、日本真空協会関西支部発行、P91～99、1999発行）

この（J03）の技術は、ねじ溝式ポンプとその上流側に配置したターボ分子ポンプとを組み合わせる複合型ポンプであり、上流側のターボ分子ポンプで取り込んだ気体を圧縮して下流側のねじ溝式ポンプに移送している。このため、高真空領域での排気効率が低いねじ溝式ポンプは、上流側のターボ分子ポンプで圧縮されて濃度が高くなった気体を取り込んで効率良く下流側に排気することができるようになる。

【0007】（前記（J03）の問題点）前記（J03）の技術は、ターボ分子ポンプの軸方向に多段に配置された静翼および可動翼の段数が増える程高性能となるが、段数が増える程、製造コストが高く付くという問題点がある。また、ターボ分子ポンプ部分の構造が複雑であるので、CVD装置の排気装置として用いた場合等において、未反応状態の大量の反応性気体を排出する際に、副反応生成物が付着・堆積しやすい場所が多くなる。例えば、ターボ分子ポンプの静翼に副反応生成物が付着・堆積し易い。したがって、静翼および動翼の段数が増える程、複合型真空ポンプの耐久性が低下する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明者は、前記従来の複合型真空ポンプの問題点を鑑み、半導体製造用のCVD装置の真空チャンバを真空にする際等に使用される真空ポンプとして、次の公報（J04）に記載された複合型真空ポンプを特許出願した。

（J04）特開2000-27790号公報

この公報には回転子の下流側部分にターボ分子型気体移送部を設け、上流側にねじ溝式気体移送部を設けた複合型真空ポンプが記載されている。前記ターボ分子型気体移送部には、ねじ溝式気体移送部のねじ山の上流端に滑らかに接続する翼が円周方向に離れて複数設けられてお

り、その翼と翼との間の気体移送用溝の外径は上流側に行く程小さくなるように形成されている。このように、ねじ溝式気体移送部の上流側の気体移送用溝の外径を上流側に行く程小さくなるように形成することにより、その上流側に動翼および静翼を交互に複数段配置するターボ分子ポンプを設けること無く、または、設ける場合には前記動翼および静翼の段数を少なくしても、優れた性能の複合型真空ポンプを得ることができる。

【0009】この公報に記載された複合型真空ポンプは、中真空領域および高真空領域で高い排気性能が得られる。このような複合型真空ポンプは、高真空領域において、20000rpm以上の高回転速度で駆動されて、高い排気性能が得られるように構成されている。そして、前記複合型真空ポンプは高真空領域では、その上流側の 10^{-3} Pa(パスカル)程度の圧力の気体を下流側では 10^{-4} Pa程度の圧力(すなわち、大気圧の $1/100$ 程度の圧力)まで圧縮して排気し、その下流側にドライ真空ポンプを接続して使用されている。

【0010】前記ドライ真空ポンプは、2軸式のもの(容積型または容積移送型ポンプ)が使用されており、上流側の1軸式の前記複合型真空ポンプから排気された気体を大気圧(10^5 Pa)程度まで圧縮して大気中に排気する。前記従来技術(J04)を含む従来の1軸回転式の複合型真空ポンプにより真空チャンバを真空にする際には、真空チャンバを別のポンプで例えば大気圧の $1/100$ 程度まで排気した後に、前記複合型真空ポンプを使用して真空引きするのが普通である。すなわち、前記1軸式の複合型真空ポンプは従来は大気中で使用することは考えられていなかった。前記従来技術(J04)の複合型真空ポンプは、大気圧中でも作動可能であるが、大気圧または大気圧に近い圧力下では排気性能が低いために、実際に使用する際には別のポンプで、真空チャンバ内を大気圧の $1/100$ 程度まで排気した後に、前記複合型真空ポンプを使用して真空引きするのが普通である。

【0011】しかしながら、前記従来技術(J04)の複合型真空ポンプは、もともと大気中において排気性能は低いけれども作動可能であったので、本発明者は大気中で使用可能な気体移送用のポンプまたは圧縮機として使用可能な複合型ポンプとして実用化できるのではないかと考え、検討、考察および実験等の実用化の研究を行った。本発明者の研究によれば、前記回転子の上流側部分に複数の翼および前記各翼の間に凹溝が形成されたターボ分子型気体移送部を設け、その下流側に前記各翼の下流端と接続するねじ山および前記各凹溝と接続するねじ溝を有するねじ溝式気体移送部を設けた構成の複合型ポンプは、高真空領域で使用する場合には、高真空領域で高い排気性能が出るように設計されている。前記高真空領域では前記複合型ポンプの上流端の吸気口や下流端の排気口での空気が希薄であるため、空気流れ抵抗が問

題になることは無かった。

【0012】しかしながら、前記複合型ポンプを大気中で通常のポンプまたは圧縮機として使用する場合には、真空中で使用する複合型真空ポンプに比べてその上流端の吸気口や下流端の排気口での気体流量が多いので、気流の乱れによる空気抵抗が問題になる。また、回転子の回転速度も大気中では抵抗が大きいため使用目的に応じた回転速度で使用する必要がある。したがって、複合型ポンプの上流端の吸気口や下流端の排気口での気体流れの乱れを防止するように構成(流線型部材、整流部材、気流変更部材等)を設けたり、また、使用環境または使用目的に応じて、回転子の直径 ϕ や軸方向長さL等のサイズ、回転速度、圧縮率等を、例えば直径 $\phi=100\sim300$ mm、長さ $L=100\sim500$ mm、回転速度 $=2000\sim30000$ rpm、圧縮率 $=(1/2)\sim(1/7)$ に設定して、ターボ分子ポンプ理論およびねじ溝式ポンプ理論を用いて、大気中で優れた性能を得られる小型の複合型ポンプを設計することができると考えられる。なお、前記直径 ϕ が小さくなる程、回転速度を上げることができる。

【0013】本発明は前記研究結果に鑑み、下記(002)の記載内容を課題とする。

(001)ターボ分子ポンプ型の気体移送部の下流側にねじ溝式ポンプ型気体移送部を有する複合型ポンプにおいて、大気中でポンプまたは圧縮機として使用可能且つ、真空ポンプとしても使用可能な小型で構成が簡素な複合型ポンプ(または複合型圧縮機)を提供すること。

【0014】

【課題を解決するための手段】次に、前記課題を解決した本発明を説明するが、本発明の要素には、後述の実施例の要素との対応を容易にするため、実施例の要素の符号をカッコで囲んだものを付記する。なお、本発明を後述の実施例の符号と対応させて説明する理由は、本発明の理解を容易にするためであり、本発明の範囲を実施例に限定するためではない。

【0015】(第1発明)前記課題を解決するために、第1発明の複合型ポンプは、次の構成要件(B01)～(B05)を備えたことを特徴とする。

(B01)円筒状内側面を有するケーシング(6)内で前記ケーシング(6)と同軸の回転軸(J)の軸心回りに回転するとともに回転時に軸方向に気体を移送する気体移送部(S)が外側面に形成された回転子(H)、

(B02)気体移送方向の上流部のターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)と下流部のねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)とを有する前記気体移送部(S)、

(B03)前記回転子(H)外側面の前記下流部分に円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅(例えば5mm)の複数のねじ山(36)と前記複数の各ねじ山(36)の間に形成されるねじ溝(37)とを有し、前記ねじ溝(37)の底面の前記回転軸(J)からの距

離であるねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送する前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)、

(B04)前記回転子(H)外側面の前記上流部に円周方向に所定間隔で形成され且つ所定の翼角(θ)を有する複数の翼(41)と前記複数の各翼(41)の間に形成された気体移送用溝(42)とを有し、前記各翼(41)は気体移送方向上流端の翼厚(W1)が下流端よりも薄く且つ下流端が前記ねじ山(36)の上流端に連続するように形成され、前記気体移送用溝(42)の底面の前記回転軸(J)の軸心からの距離である気体移送用溝(42)の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成されるとともに前記気体移送用溝(42)の底面の下流端は前記ねじ溝(37)の底面の

上流端に連続するように形成され、回転時に上流端から取り入れた気体を圧縮して前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端に移送するターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)。

(B05)前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の上流端から上流側に突出する軸対称な曲面により形成され且つ前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の前記気体移送用溝(42)の上流端の底面に気流をガイドする前記気流ガイド面(49)を有する整流部材(47)、

【0016】(第1発明の構成要件の説明)前記「ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)」は、基本的には次の構成要件(B04)を備えた部材を意味する。(B04)「前記回転子(H)外側面の前記上流部に円周方向に所定間隔で形成され且つ所定の翼角(θ)を有する複数の翼(41)と前記複数の各翼(41)の間に形成された気体移送用溝(42)とを有し、前記各翼(41)は気体移送方向上流端の翼厚(W1)が下流端よりも薄く且つ下流端が前記ねじ山(36)の上流端に連続するように形成され、前記気体移送用溝(42)の底面の前記回転軸(J)の軸心からの距離である気体移送用溝(42)の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成されるとともに前記気体移送用溝(42)の底面の下流端は前記ねじ溝(37)の底面の

上流端に連続するように形成され、回転時に上流端から取り入れた気体を圧縮して前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端に移送するターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)。」

前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の構成要件(B04)は、通常のターボ分子ポンプの構成要件とは異なる。例えば、通常のターボ分子ポンプの上流端部の動翼の翼厚が上流端と下流端とで一定であるのに対し、第1発明の前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の翼(41)は、その翼厚が上流端と下流端とで異なっている点でも相違している。なお、前記翼(41)の翼厚

は、上流端から下流端まで連続的に増加させたり、前記翼(41)の上流端部または下流端部の所定長さ部分の翼厚を一定としてそれ以外の部分の翼厚を下流端に行くに従って連続的に増加させたりすることが可能である。

【0017】本件明細書において、前記ターボ分子ポンプの構成要件とは異なる前記構成要件(B04)に対して「ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)」という用語を使用した理由は、後述するように、ターボ分子ポンプの設計理論を利用しておおまかな設計を行うことが可能であるためである。しかしながら、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)を設計する際に、ターボ分子ポンプの設計理論を利用する必要はない。例えば、特公平6-92799号公報記載のねじ溝式ポンプの上流端部のねじ山を上流側に行くに従ってねじ山の幅が狭くなるように形成することにより、前記構成要件(B04)を備えたターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)を設計することも可能である。本願明細書では、前記構成要件(B04)を有する部材に対して「ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)」という用語を使用し、且つターボ分子ポンプの設計理論で設計する方法を説明しているが、従来のターボ分子ポンプの構成に限定するためではない。

【0018】前記「ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)」の翼(41)は、通常のターボ分子ポンプの上流端部の動翼(例えば、第1段目または第2段目の動翼)と同様の機能(気体を取り込んで、圧縮して下方に移送する機能)を有する部材である。そして、前記「ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)」の翼(41)は、通常のターボ分子ポンプの上流端部の動翼と形状が類似している。また、前記第1発明の「ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)」の排気量や気体圧縮比等の概略値は、通常のターボ分子ポンプの設計理論を利用することにより、前記「ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)」の形状パラメータの値から近似値を算出することが可能である。

【0019】前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の前記「翼(41)」は、通常のターボ分子ポンプの上流端部の動翼(例えば、第1段目または第2段目の動翼)に対応するものであり、前記上流端部の動翼と同様の機能(気体取り込み機能)を要求される。すなわち、前記複数の各「翼(41)」間の間隔 S_o と長さ b とにより定まるスペーシングコード比(S_o/b)は、前記、通常のターボ分子ポンプの上流端部の動翼(例えば、第1段目または第2段目の動翼)と同様に、 $0.8 \leq (S_o/b) \leq 1.2$ の範囲で設定される。また、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の前記「翼(41)」の厚みは薄い程、開口面積が大きくなるので、前記通常のターボ分子ポンプの上流端部の動翼と同様に、強度が保てる範囲で薄くするのが好ましい。また、前記「翼(41)」は全体的な形状として板状であるが、多少のねじりを加えたり、また、「翼(41)」

の上流端部または下流端部に小さな湾曲部または折り曲げ部を設けることが可能である。特に、前記「翼(41)」の翼角(θ)とねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端のねじ傾斜角 $\alpha 1$ とが $\theta > \alpha 1$ の場合には、前記「翼(41)」の下流端をねじ山(36)の上流端に滑らかに連続させるために、「翼(41)」の下流端部において小さな湾曲部を設けることが好ましい。

【0020】また、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)には、前記下流端が前記ねじ山(36)の上流端に連続するように形成された複数の各翼(41)以外の追加翼(43)を設けることが可能である。前記追加翼(43)は、円周方向に離れて配置された隣接する各翼(41)の間に配置したり、前記各翼(41)の上流側に配置したりすることができる。前記追加翼(43)により、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の圧縮比を上げることが可能である。

【0021】第1発明の複合型ポンプ(P)の定常回転時において、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の下流端の気体移送量(体積流量、排気量)は、その下流側のねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端の気体移送量(体積流量、気体取り込み流量)と同一になるように設計するのが好ましい。その場合、第1発明の複合型ポンプ(P)のターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の排気量は、通常のターボ分子ポンプの上流端部の動翼の気体移送量の計算方法を利用することにより計算することが可能である。したがって、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の下流端の気体移送量(体積流量、排気量)が前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端の気体移送量と同一になるように、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)を設計することができる。なお、設計の際、例えば前記「翼(41)」がその上流端部または下流端部に前記小さな湾曲部を有する場合、湾曲部を無視して平板として設計を行うことができる。試作品で気体する性能が得られなければ、コンピュータシミュレーションや試験、実験等により設計変更を行って、高性能の商品を開発することが可能である。

【0022】分子流領域と呼ばれる高真空領域では、気体分子の動きは気体分子同士の衝突頻度が小さく、むしろ、気体分子の周辺に存在する壁との衝突頻度が気体分子の動きを支配する。このため、この圧力領域(高真空領域)では、ポンプの吸気口に飛び込んでくる気体分子をどれだけの効率で、排気口側へ送り出せるのかがポンプの排気性能を向上させる上での重要な点となる。飛び込む気体分子の量は吸気口の開口面積に比例するので、排気速度を高めるためには、ポンプ吸気口の開口面積を大きくすることが有用な手段である。しかしながら、むやみに開口面積を拡大すると、飛び込む気体分子の増加に伴い、戻る気体分子も増加するので、結果として、排気速度が増えず、圧縮性能が低下してしまうことにな

る。このため、一定の排気効率と圧縮性能を維持しながら適切な開口面積を設定し、目標とする排気速度を得るためには、排気効率と圧縮性能に対して理論的に確立された前記ターボ分子ポンプの設計方法を利用することが有効である。

【0023】前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の下流端とねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端との接続部分の表面は滑らかに連続させることが望ましい。例えば、前記回転軸(J)に垂直な断面内の前記翼(41)の根元(翼(41)と気体移送用溝(42)との接続部)またはねじ山(36)の根元(ねじ山(36)とねじ溝(37)との接続部)に接する円の直径である根元径が、気体移送部(S)の上流端で小さく、下流端で大きい場合には、前記根元径を軸方向に滑らかに変化させて連続させることが好ましい。このようにすることにより、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の気体移送用溝(42)下流端の底面と、ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)のねじ溝(37)の上流端の底面とは、回転軸(J)からの半径が等しくなるので、滑らかに連続する。

【0024】また、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の上流端において厚みが薄い(例えば3mm以下)翼(41)は、下流端でねじ山(36)の山幅と同一の厚みにするため、下流側に行くに従って前記翼(41)の厚みを増加させる。このようにして、前記翼(41)の下流端をねじ山(36)の上流端に滑らかに連続させることが好ましい。この場合、翼(41)の下流端の厚みとねじ山(36)の上流端の山幅とが同一となり、また、気体移送用溝(42)の下流端の溝幅とねじ溝(37)の上流端の溝幅とが同一となる。このようにすれば、前記複数の各翼(41)の下流端とねじ山(36)の上流端との接続部を通過する気体に大きな乱れが発生するのを防止することができる。このため、排気速度の低下を防止することができる。すなわち、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)とねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の間の急激な形状変化による気体の流れの乱れが発生して排気効率が低下してしまうという弊害を回避できる。

【0025】また、第1発明では、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の上流端のさらに上流側に複数の動翼(51a, 53a)および静翼(52a, 54a)を気体移送方向に沿って交互に複数段に配置したターボ分子ポンプ(50)を配置することが可能である。なお、前記交互に配置する動翼および静翼の段数は必ずしも複数段設ける必要はなく、1段設けるだけでも、気体移送性能または圧縮性能を向上させることが可能である。また、静翼を設けずに、動翼を1段だけ設けた構成でも、設けない場合に比較して気体移送性能または圧縮性能を向上させることができる。また、複数段設けた場合には段数を多くする程気体移送性能および圧縮性能を

向上させることができる。また、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の翼(41)の上流端の翼厚が下流端よりも薄い方が高い圧縮性能および気体移送性能を得ることができるけれども、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の上流端のさらに上流側にターボ分子ポンプ(50)を配置した場合、前記翼(41)の翼厚が上流端と下流端とで同じであっても、十分に高い気体移送性能を得ることが可能である。

【0026】(第1発明の作用)前記構成を備えた第1発明の複合型ポンプでは、回転子(H)は、円筒状内側面を有するケーシング(6)内で前記ケーシング(6)と同軸の回転軸(J)回りに回転する。前記回転子(H)の外側面上に形成されたターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)は、前記回転子(H)外側面の前記上流部に円周方向に所定間隔で形成され且つ所定の翼角(θ)を有する複数の翼(41)と前記複数の各翼(41)の間に形成された気体移送用溝(42)とを有する。前記各翼(41)は上流端の翼厚(W1)が薄く(例えば3mm以下)形成されており且つ気体移送用溝(42)の底面の外径が上流端に行く程小さく形成されているので、上流端の開口面積が広くなり、大容積の流体を取り込むことができる。したがって、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)は、通常のターボ分子ポンプと同様に効率良く気体を移送することができる。前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)は、回転時に上流端から取り込んだ気体を圧縮して、回転子(H)の外側面の下流側の前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端に移送する。

【0027】ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の翼(41)はその下流端が前記ねじ山(36)の上流端に連続しており、また、前記気体移送用溝(42)の底面の下流端は前記ねじ溝(37)の底面の上流端に連続している。このため、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の気体移送用溝(42)を下流側に移送される気体は、気体移送用溝(42)下流端とねじ溝(37)上流端との接続部を通過する際に大きな乱れを生じることなく通過することができる。したがって、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)から移送された気体は、ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端で大きな速度低下や圧力上昇を伴うことなく、圧縮された状態でねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)に流入することができる。

【0028】前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)は、前記回転子(H)外側面の前記下流部分に円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された複数のねじ山(36)と前記複数の各ねじ山(36)の間に形成されるねじ溝(37)とを有し、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送する。ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の圧縮比を大きく設定した場合には、前記ねじ山(36)の山幅を大きく(例えば5mm以上)に設定す

ることにより、前記ねじ溝(37)を下流側に移送される気体が、下流側のねじ溝(37)からねじ山(36)を越えて上流側に逆流するのを防止することができる。前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端には、その上流側のターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)により圧縮された気体(濃度が高い気体)が流入するので、ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)は、大気圧を含む低真空領域(気体濃度が高い領域)における気体移送の場合と同様の条件で気体移送を行うことができる。ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)は、通常のねじ溝式ポンプと同様に大気圧を含む低真空領域での圧縮性能が高いため、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)から圧縮された状態で流入した気体(濃度が高くなった気体)を効率良く圧縮または排気することができる。

【0029】本発明の複合型ポンプ(P)においては、前述したように、その回転子(H)外周面に形成したねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流側(吸気口側)の部分に、ターボ分子ポンプの設計理論に従って気体取り込み量および排気量を推定することが可能なターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)が配置されている。従って、圧縮性能を低下させることなく、吸気側の開口面積を大きくして、自由分子領域での排気速度を大幅に高めることができる。このため、大気圧を含む低真空領域から高真空領域までの広い圧力範囲で大きな排気速度を得ることが可能な複合型ポンプPを実現できる。

【0030】(第2発明)本発明の複合型ポンプの第2発明は、次の構成要件(B01)～(B04)、(B06)、(B07)を備えたことを特徴とする。

- (B01)円筒状内側面を有するケーシング(6)内で前記ケーシング(6)と同軸の回転軸(J)の軸心回りに回転するとともに回転時に軸方向に気体を移送する気体移送部(S)が外側面に形成された回転子(H)、(B02)気体移送方向の上流部のターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)と下流部のねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)とを有する前記気体移送部(S)、(B03)前記回転子(H)外側面の前記下流部分に円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅(例えば5mm)の複数のねじ山(36)と前記複数の各ねじ山(36)の間に形成されるねじ溝(37)とを有し、前記ねじ溝(37)の底面の前記回転軸(J)からの距離であるねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送する前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)、(B04)前記回転子(H)外側面の前記上流部に円周方向に所定間隔で形成され且つ所定の翼角(θ)を有する複数の翼(41)と前記複数の各翼(41)の間に形成された気体移送用溝(42)とを有し、前記各翼(41)は気体移送方向上流端の翼厚(W1)が下流端よりも薄く且つ下流端が前記ねじ山(36)の

上流端に連続するように形成され、前記気体移送用溝(42)の底面の前記回転軸(J)の軸心からの距離である気体移送用溝(42)の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成されるとともに前記気体移送用溝(42)の底面の下流端は前記ねじ溝(37)の底面の上流端に連続するように形成され、回転時に上流端から取り入れた気体を圧縮して前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端に移送するターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)、(B06)大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成され、且つ、前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)からの吐出気体が流入する排気空間(G)、(B07)前記排気空間(G)の大径円筒壁および小径円筒壁にそれぞれ接続する大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成され且つ気体が旋回しながら排気される気体旋回用溝(2a; 2a')と、前記気体旋回溝(2a; 2a')の下流端に接続して前記大径円筒壁の接線方向に延びる接線方向排気孔(2b)。

【0031】(第2発明の作用)前記構成を備えた第2発明の複合型ポンプでは、前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)からの吐出気体は、大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成された排気空間(G)に流入する。前記排気空間(G)の大径円筒壁および小径円筒壁にそれぞれ接続する大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成された気体旋回用溝(2a; 2a')は、気体が旋回しながら排気される。前記大径円筒壁に沿って旋回しながら下流端に流れた気体は、前記大径円筒壁の接線方向に延びる接線方向排気孔(2b)にスムーズに流入し、接線方向排気孔(2b)から複合型ポンプ(P)の外部に排出される。この第2発明の複合型ポンプ(P)では、ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)からの吐出気体が前記気体旋回溝(2a; 2a')から排出されるまでの抵抗が小さいので、吐出気体の排気がスムーズに行われるので排気量の低下を防止することができる。

【0032】(第3発明)本発明の第3発明の複合型ポンプは、次の構成要件(B01)、(B03')、(B09')を備えたことを特徴とする。

(B01)円筒状内側面を有するケーシング(6)内で前記ケーシング(6)と同軸の回転軸(J)の軸心回りに回転するとともに回転時に軸方向に気体を移送する気体移送部(S)が外側面に形成された回転子(H)、(B03')前記回転子(H)外側面の円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅の複数のねじ山(36)と前記複数の各ねじ山(36)の間に形成されるねじ溝(37)とを有し、前記ねじ山(36)およびねじ溝(37)が上流端から下流端まで連続して形成され、前記ねじ溝(37)の底面の前記回転軸(J)の軸心からの距離であるねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され且つ上流端では

ねじ山の半径の80%以下となるように設定され、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送するねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)、(B09')前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端の上流側に設けたターボ分子ポンプ(50)であって、気体の移送方向に沿って交互に配置された複数の動翼(51a, 53a)および複数の静翼(52a, 54a)を有し、前記複数の動翼(51a, 53a)は前記回転子(H)の外周に設けられ且つ前記複数の静翼(52a, 54a)が前記ケーシング(6)内面に設けられた前記ターボ分子ポンプ(50)。

【0033】(第3発明の作用)前記構成を備えた第3発明の複合型ポンプでは、気体移送部(S)が外側面に形成された回転子(H)は、円筒状内側面を有するケーシング(6)内で前記ケーシング(6)と同軸の回転軸(J)回りに回転するとともに、回転時に軸方向に気体を移送する。気体の移送方向に沿って交互に配置された複数の動翼(51a, 53a)および複数の静翼(52a, 54a)を有し、前記複数の動翼(51a, 53a)は前記回転子(H)の外周に設けられ且つ前記複数の静翼(52a, 54a)が前記ケーシング(6)内面に設けられた前記ターボ分子ポンプ(50)は、その下流側のねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)に気体を移送する。

【0034】前記ねじ溝(37)の底面の前記回転軸(J)の軸心からの距離であるねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、上流端ではねじ山の半径の80%以下となるように設定されたねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)は、上流端の開口面積(気体流入口の面積)が大きくなるので、大容積の流体を取り込むことができる。前記回転子(H)外側面の円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅の複数のねじ山(36)の間に形成された複数のねじ溝(37)の上流端に流入する気体は、前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の回転時に下流側に移送される。

【0035】前記構成を備えた第3発明の複合型ポンプでは、前記ねじ溝底面の半径が気体移送方向上流端に行くに従って小さくなるように形成され、上流端ではねじ山の半径の80%以下となるように設定されたねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)と、その上流側のターボ分子領域(S3)に配置した前記ターボ分子ポンプ(50)とを組み合わせることにより、前記ターボ分子ポンプ(50)の複数の動翼(51a, 53a)および複数の静翼(52a, 54a)の段数を少なくしても、従来の段数の多いターボ分子ポンプおよびねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)を有する従来の複合型ポンプと同様の高い圧縮性能または排気性能が得られる。すなわち、翼(51a~54a)の段数が少なく、低コストでありながら、高性能の複合型ポンプ(P)を提供することが

できる。なお、動翼(51a, 53a)および静翼(52a, 54a)を従来のターボ分子ポンプと同じ段数設けた場合には従来の複合型ポンプよりも圧縮比が高くなり、気体移送性能を向上させることができる。

【0036】

【発明の実施の形態】(実施の形態1)実施の形態1の複合型ポンプは、前記構成を備えた第1発明または第2発明において、次の構成要件(B08)を備えたことを特徴とする。

(B08) 前記各翼(41)は上流端の翼厚が3mm以下に形成された前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)。

【0037】(実施の形態1の作用)前記構成を備えた実施の形態1の複合型ポンプでは、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の前記各翼(41)は上流端の翼厚が3mm以下に形成されているので、上流端の開口面積が広くなり、大容積の流体を取り込むことができる。前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)は、回転時に上流端から取り込んだ気体を圧縮して前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端に移送する。したがって、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)は、通常のターボ分子ポンプと同様に高真空領域において効率良く気体を移送することができる。

【0038】(実施の形態2)実施の形態2の複合型ポンプは、前記構成を備えた第1発明もしくは第2発明または前記実施の形態1において、次の構成要件(B09)を備えたことを特徴とする。

(B09) 前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の上流端の上流側に設けたターボ分子ポンプ(50)であって、気体の移送方向に沿って交互に配置された複数の動翼(51a, 53a)および複数の静翼(52a, 54a)を有し、前記複数の動翼(51a, 53a)は前記回転子(H)の外周に設けられ且つ前記複数の静翼(52a, 54a)が前記ケーシング(6)内面に設けられた前記ターボ分子ポンプ(50)。

【0039】(実施の形態2の作用)前記構成を備えた本発明の実施の形態2の複合型ポンプでは、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の翼(41)および溝(42)と、その上流側のターボ分子領域(S3)に配置した前記ターボ分子ポンプ(50)とを組み合わせることにより前記ターボ分子ポンプ(50)の複数の動翼(51a, 53a)および複数の静翼(52a, 54a)の段数を少なくしても、従来の段数の多いターボ分子ポンプと同様の高い圧縮性能または排気性能が得られる。すなわち、翼(51a~54a)の段数が少なく、低コストでありながら、高性能の複合型ポンプ(P)を提供することができる。なお、動翼(51a, 53a)および静翼(52a, 54a)を従来のターボ分子ポンプと同じ段数設けた場合には従来の複合型ポンプよりも圧縮比が高くなり、気体移送性能を向上させることがで

きる。

【0040】(実施の形態3)本発明の複合型ポンプの実施の形態3は、前記第1もしくは第2発明または前記実施の形態1もしくは2のいずれかにおいて次の構成要件(B010)を備えたことを特徴とする。

(B010) 前記回転軸(J)に垂直な断面内の前記翼

(41)の根元に接する円の直径である根元径が上流側に行くに従って外径の縮小する円錐面上に有るように形成された前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)。

【0041】(実施の形態3の作用)前記構成を備えた実施の形態3の複合型ポンプでは、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)は、回転軸(J)に垂直な断面内の前記翼(41)の根元に接する円の直径である根元径が上流側に行くに従って外径の縮小する円錐面上に有るように形成される。このため、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の気体移送用溝(42)の深さが上流側に行くに従って深くなる。

【0042】(実施の形態4)本発明の複合型ポンプの実施の形態4は、前記第1もしくは第2発明または前記実施の形態1ないし3のいずれかにおいて次の構成要件(B011)を備えたことを特徴とする。

(B011) 前記翼(41)の翼角(θ)と、前記ねじ山(36)の上流端のねじ傾斜角 $\alpha 1$ とが $\theta \geq \alpha 1$ となるように形成された前記気体移送部(S)。

【0043】(実施の形態4の作用)前記構成を備えた本発明の複合型ポンプの実施の形態4では、前記気体移送部(S)が前記翼(41)の翼角(θ)と、前記ねじ山(36)の上流端のねじ傾斜角 $\alpha 1$ とが $\theta \geq \alpha 1$ となるように形成されている。このため、上流側のターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)により多量の気体を取り込むことができ、取り込んだ気体を圧縮してねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)に移送することができる。

【0044】(実施の形態5)本発明の複合型ポンプの実施の形態5は、前記第1~第3発明または前記実施の形態1ないし4のいずれかにおいて次の構成要件(B012)を備えたことを特徴とする。

(B012) 前記翼(41)の上流端の翼角($\theta 1$)と、下流端の翼角($\theta 2$)と、前記ねじ山(36)の上流端のねじ傾斜角 $\alpha 1$ とが、 $\theta 1 \geq \theta 2 = \alpha 1$ となるように形成された前記気体移送部(S)。

【0045】(実施の形態5の作用)前記構成を備えた本発明の複合型ポンプの実施の形態5では、前記翼(41)の上流端の翼角($\theta 1$)と、下流端の翼角($\theta 2$)と、前記ねじ山(36)の上流端のねじ傾斜角 $\alpha 1$ とが、 $\theta 1 \geq \theta 2 = \alpha 1$ となるように形成されるので、翼(41)の下流端とねじ山(36)の上流端とを滑らかに接続することができる。 $\theta 1 = \theta 2$ とした場合には翼角(θ)が上流端から下流端まで一定の平板状の翼(41)を使用することができる。また、 $\theta 1 > \theta 2$ とした場合には翼(41)の下流部で下流側に行くに従っ

て徐々に翼角 (θ) を減少させることにより、翼 (41) の下流端とねじ山 (36) の上流端とを滑らかに接続させることができる。翼 (41) の下流端とねじ山 (36) の上流端とを滑らかに接続させることにより、その接続部での気流の乱れの発生を防止することができる。また、 $\theta 1$ を $\alpha 1$ より大きい範囲で適当な値に設定することにより、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の気体移送量を適切なものとすることができる。

【0046】(実施の形態6) 本発明の複合型ポンプの実施の形態6は、前記第1または第2発明または前記実施の形態1ないし5のいずれかにおいて次の構成要件 (B013) を備えたことを特徴とする。

(B013) 前記翼 (41) の上流端の幅を $W1$ 、気体移送用溝 (42) の幅を $W2$ とした場合の溝幅比 $\{W2 / (W1 + W2)\}$ が、 $\{W2 / (W1 + W2)\} \geq 9.5$ に設定された前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2)。

【0047】(実施の形態6の作用) 前記構成を備えた本発明の複合型ポンプの実施の形態6では、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の翼 (41) の上流端の幅を $W1$ 、気体移送用溝 (42) の幅を $W2$ とした場合の溝幅比 $\{W2 / (W1 + W2)\}$ が、 $\{W2 / (W1 + W2)\} \geq 9.5$ に設定されるので、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の上流端の開口面積を大きくすることができる。このため、気体取り込み量を多くすることができる。

【0048】(実施の形態7) 本発明の複合型ポンプの実施の形態7は、前記第1もしくは第2発明または前記実施の形態1ないし6のいずれかにおいて次の構成要件 (B014) を備えたことを特徴とする。

(B014) 前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の上流部 (S2c) に設けられた複数の追加翼 (43)。

【0049】(実施の形態7の構成要件の説明) 前記「追加翼 (43)」の厚みは、前記ねじ山 (36) の上流端に接続する翼 (41) と同様に強度を保持できる範囲でできるだけ薄い方が好ましい。また、「追加翼 (43)」の翼角 (θ') は、前記翼 (41) の翼角 (θ) に対して $\theta' \geq \theta$ の範囲で定められる。また、「追加翼 (43)」の数は、前記ねじ山 (36) の上流端に接続する翼 (41) の数の整数倍とすることが好ましい。前記追加翼 (43) は、円周方向に離れて配置された各翼 (41) の間に配置したり、前記各翼 (41) の上流側に配置したりすることができる。前記追加翼 (43) を前記各翼 (41) の上流側に配置する場合には、前記追加翼 (43) は、前記各翼 (41) の延長線上に配置したり、または複数の円周方向に離れた前記各延長線の間位置 (円周方向の間位置) に配置したりすることが可能である。

【0050】(実施の形態7の作用) 前記構成を備えた

本発明の複合型ポンプの実施の形態7では、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の上流部 (S2c) に配置された追加翼 (43) の翼角 (θ')、追加翼 (43) の長さ等を適当に設定することにより、気体取り込み量、気体圧縮比等を容易に調節することができる。

【0051】(実施の形態8) 本発明の複合型ポンプの実施の形態8は、前記第1もしくは第2発明または前記実施の形態1ないし7のいずれかにおいて次の構成要件 (B015) を備えたことを特徴とする。

(B015) 前記回転子 (H) の定常回転状態において前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部 (S1) の上流端の体積流量 $V1$ と、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の上流端の体積流量 $V2$ および圧縮比 n とが $V1 = V2 / n$ となるように構成された前記気体移送部 (S)。

【0052】(実施の形態8の作用) 前記構成を備えた本発明の複合型ポンプの実施の形態8では、気体移送部 (S) は、前記回転子 (H) の定常回転状態において前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部 (S1) の上流端の体積流量 $V1$ と、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の上流端の体積流量 $V2$ および圧縮比 n とが $V1 = V2 / n$ となるように構成される。この場合、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の下流端の体積流量 (排気流量) $V2 / n$ と、ねじ溝式ポンプ型気体移送部 (S1) の体積流量 (気体取り込み流量) $V1$ とが同体積となる。このため、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) の下流端とねじ溝式ポンプ型気体移送部 (S1) の上流端との接続部を気体が詰まらずにスムーズに流れる。

【0053】前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) とねじ溝式ポンプ型気体移送部 (S1) の設計条件が適切でない場合 ($V2 / n$ が $V1$ と等しくない場合) には次のような弊害が発生する。例えば、ねじ溝式ポンプ型気体移送部 (S1) の気体取り込み量 $V1$ が前記排気量 $V2 / n$ に比較して少ないと、この部分で気体の流れが詰まり気味になり、再びターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) へ戻る気体量が増加し、同時に、この部分で圧力も上昇し、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) でのポンプ機能 (気体移送機能) が低下してしまう。この場合、前記圧力が高くなるほど、圧縮性能、排気速度共に低下してしまう。また、これとは逆に、ねじ溝式ポンプ型気体移送部 (S1) の取り込み量が大きすぎた場合、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) で圧縮された気体が、再び体積膨張するために、ターボ分子ポンプ型気体移送部 (S2) での圧縮仕事が無駄になってしまう。

【0054】(実施の形態9) 本発明の複合型ポンプの実施の形態9は、前記第1もしくは第2発明または前記実施の形態1ないし8のいずれかにおいて次の構成要件 (B016) を備えたことを特徴とする。

(B016) 一体成形された前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)およびターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)を有する前記気体移送部(S)。

【0055】(実施の形態9の作用)前記構成を備えた本発明の複合型ポンプの実施の形態9では、前記気体移送部(S)の前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)およびターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)は一体成形されるので、ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の下流端およびねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)の上流端の接続部を滑らかに形成することが容易である。

【0056】(実施の形態10)本発明の複合型ポンプの実施の形態10は、前記第3発明において次の構成要件(B05)を備えたことを特徴とする。(B05)前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の上流端から上流側に突出する軸対称な曲面により形成され且つ前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の前記気体移送用溝(42)の上流端の底面に気流をガイドする前記気流ガイド面(49)を有する整流部材(47)。

【0057】(実施の形態10の作用)前記構成を備えた本発明の複合型ポンプの実施の形態10では、整流部材(47)の気流ガイド面(49)は、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の上流端から上流側に突出する軸対称な曲面により形成される。前記気流ガイド面(49)は、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部(S2)の前記気体移送用溝(42)の上流端の底面に気流をガイドする。このため、特に気体密度の高い低真空領域において気体の取り込み効率が高くなる。

【0058】(実施の形態11)本発明の複合型ポンプの実施の形態11は、前記第3発明または実施の形態10において次の構成要件(B06)、(B07)を備えたことを特徴とする。(B06)大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成され、且つ、前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)からの吐出気体が流入する排気空間(G)、(B07)前記排気空間(G)の大径円筒壁および小径円筒壁の下流側部分によりリング状に形成され且つ気体が旋回しながら排気される気体旋回用溝(2a; 2a')と、前記気体旋回溝(2a; 2a')の下流端に接続して前記大径円筒壁の接線方向に延びる接線方向排気孔(2b)。

【0059】(実施の形態11の作用)前記構成を備えた本発明の実施の形態11の複合型ポンプでは、前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)からの吐出気体は、大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成される排気空間(G)に旋回しながら流入する。前記排気空間(G)に流入した気体は、大径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成される気体旋回用溝(2a; 2a')を旋回しながら流れ、且つ、前記気体旋回溝(2a; 2a')の下流端に接続して前記大径円筒壁の接線方向に延びる接線方向排気孔(2b)から排気される。前記排気空間(G)に旋回しながら流入した気体は、大

径円筒壁および小径円筒壁によりリング状に形成される気体旋回用溝(2a; 2a')を旋回しながら流れて、前記大径円筒壁の接線方向に延びる接線方向排気孔(2b)から排気されるので、排出されるまでの気体の抵抗が非常に小さい。このため、排気性能が向上する。

【0060】(実施の形態12)本発明の複合型ポンプの実施の形態12は、前記第3発明または実施の形態10もしくは11において次の構成要件(B017)を備えたことを特徴とする。(B017)螺旋状に形成された底面を有し、螺旋状の底面に沿って排気が行われる前記気体旋回用溝(2a')。

【0061】(実施の形態12の作用)前記構成を備えた本発明の複合型ポンプの実施の形態12では、前記気体旋回用溝(2a')が螺旋状に形成された底面を有しているので、螺旋状の底面に沿って排気が行われる。このため、ねじ溝式ポンプ型気体移送部(S1)からの吐出気体が気体旋回用溝(2a')から排出されるまでの抵抗を非常に小さくすることができる。

【0062】(実施例)次に図面を参照しながら、本発明の実施の形態の具体例(実施例)を説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

(実施例1)図1は本発明の複合型ポンプの実施例1の縦断面図である。図2は本発明の複合型ポンプの実施例1の回転子の要部説明図で、回転子の外側面の要部展開図である。図3は同実施例1の気体排出路の説明図で、前記図1のIII-III線断面図である。図1において、複合型ポンプPはベース1を有している。ベース1は、フランジ2とフランジ2の中央部から上方に突出する円筒状ベアリング支持部材3(図1、図3参照)とを有している。フランジ2は、小径円筒壁および大径円筒壁により形成されるリング状の気体旋回用溝2aと、接線方向排気孔2bと、ケーシング支持面2cとを有している。前記気体旋回用溝2aの底面には、前記気体旋回用溝2aを旋回する気体を前記接線方向排気孔2bに向かわせる1枚の整流板2dが設けられている。

【0063】気体旋回用溝2aは小径円筒壁および大径円筒壁により形成され、且つ、回転子Hの回転軸方向から見てリング状に形成されている。前記リング状の気体旋回用溝2aの上流端は、前記回転子Hの下流端とフランジ2の上流端との間に形成された前記排気空間Gに連通している。前記接線方向排気孔2bは断面形状が長方形であり、気体旋回方向の上流側および下流側に形成された一対の側壁を有しており、前記上流側の側壁は、前記気体旋回用溝2aを形成する内外の円筒状周壁のうちの外側の周壁の接線方向に延びて形成されている。また前記接線方向排気孔2bは前記深さ一定の気体旋回用溝2aの下端部に設けられており、気体旋回用溝2aの底面と接線方向排気孔2bの下面とは同一面に形成されている。前記整流板2dの上流端は気体旋回用溝2aの内側壁に接続または隣接しており、整流板2dの下流端は

前記接線方向排気孔2bの側壁（気体旋回方向下流側の側壁）に向かって延びている。前記接線方向排気孔2bの下流端には排気管接続部材4（図3参照）が連結されている。

【0064】前記ケーシング支持面2c上には円筒状のケーシング6が固定されている。前記円筒状ベアリング支持部材3の上端には上側ベアリング支持部材7を介して上側ベアリング8が支持されている。円筒状ベアリング支持部材3の下端にはスラスト変移センサ支持部材11を介してスラスト変移センサ12が支持されている。スラスト変移センサ支持部材11上面には下側ベアリング支持部材13が支持されており、下側ベアリング支持部材13により下側ベアリング14が支持されている。前記下側ベアリング支持部材13の上面にはスラスト磁気軸受下側部分16aが支持されている。円筒状ベアリング支持部材3の内面には前記下側ベアリング支持部材13の上方に所定の間隔を空けてスラスト磁気軸受上側部分16bを支持する軸受上側部分支持部材17が支持されている。前記スラスト磁気軸受下側部分16aおよびスラスト磁気軸受上側部分16bによりスラスト磁気軸受16が構成されている。

【0065】円筒状ベアリング支持部材3の内側面には上下方向の中央部にモータ用磁界発生部材18が支持されている。モータ用磁界発生部材18は、円周方向に等間隔で配置された4個の鉄心18aと前記各鉄心18aの周囲に巻かれたコイル18bとを有する4個の電磁石（18a+18b）を有しており、回転磁界を発生して後述の回転子Hを回転させる。円筒状ベアリング支持部材3の内側面には前記モータ用磁界発生部材18の上下に、一対のラジアル磁気軸受19、19が支持されている。ラジアル磁気軸受19、19は円周方向に等間隔で配置された4個の鉄心19aと前記各鉄心19aの周囲に巻かれたコイル19bとを有する4個の電磁石（18a+18b）を有している。ラジアル磁気軸受19、19は後述の回転子の回転軸に対する半径方向の位置を磁力により制御する。

【0066】前記上側ラジアル磁気軸受19の上側、および下側ラジアル磁気軸受19の下側にはそれぞれラジアル変位センサ20、20が配置されている。ラジアル変位センサ20、20の検出信号により前記ラジアル磁気軸受19、19の磁力が制御され、後述の回転子が所定の位置で回転するように構成されている。なお、このような回転子の回転位置の制御技術は従来公知であり、本実施例においても従来公知の種々の技術を使用可能である。

【0067】前記ケーシング6の円筒状の内周面の内側には回転子Hが配置されている。回転子Hは軸Jと、気体移送部材Kとを有している。気体移送部材Kは、前記軸Jに連結される円板状の軸連結部K1およびこれと一

体形成された円筒部K2とを有している。前記軸Jは、大径部22と、その上端部に設けられ且つ上端に行くに従って外径が縮小するテーパ部23と、下端部に設けられた小径部24とを有している。大径部22の上端部は前記上側ベアリング8により回転可能に支持されている。前記小径部24は前記下側ベアリング14により回転可能に支持されている。前記小径部24の上端部には磁性材料製の円形プレート26が支持されており、この円形プレート26は前記スラスト磁気軸受16の下側部分16aと上側部分16bとの間の空間に配置されている。前記大径部22の外周にはステンレス製円筒部材27および鉄製（磁性材料製）円筒部材28が軸方向に交互に装着されている。前記複数の各鉄製円筒部材28は前記鉄心18a、19a、19aに対向する位置に配置されている。前記符号23～28で示された要素により前記軸Jが構成されている。

【0068】前記円板状の軸連結部Kの中央部には上端に行くに従って内径が縮小する軸嵌合孔31が形成されており、軸嵌合孔31には前記軸Jのテーパ部23が嵌合している。軸連結部Kの上面には連結プレート32が載置されている。連結プレート32を上方から貫通する連結ねじ33は前記軸Jの上端のねじ孔にねじ込まれている。前記連結ねじ33により軸連結部Kの軸嵌合孔31が軸Jのテーパ部23に押圧されるので、軸連結部Kと軸Jの上端とが連結される。前記回転子Hの下端と前記フランジ2との間には、回転子Hの回転軸方向から見てリング状の排気空間Gが形成されており、排気空間Gには前記フランジ2に形成された排気孔上流部2a1の上流端が連通している。

【0069】図1、図2において、前記気体移送部材Kの外側面には気体移送部Sが形成されている。気体移送部Sは気体移送方向下流側のねじ溝式ポンプ型気体移送部S1とその上流側のターボ分子ポンプ型気体移送部S2とを有している。前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1は、円周方向に所定間隔で且つ螺旋状に形成された所定幅の複数のねじ山36と前記複数の各ねじ山36の間に形成されるねじ溝37とを有し、回転時に上流端に流入した気体を下流側に移送する。

【0070】前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2は、前記回転子H外側面の前記上流部に円周方向に所定間隔で且つ前記回転軸Jの軸方向に対して傾斜する複数の翼41と前記複数の各翼41の間に形成された気体移送用溝42とを有している。前記翼41の翼角 θ は $\theta = 30^\circ$ で、前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1上端のねじ傾斜角 $\alpha = 30^\circ$ と同一である。前記翼41の上流端の翼厚W1は2mmであり、下流に行くに従って翼厚が増加して、前記ねじ山36の上流端に連続するように形成されている。翼41の下流端（ねじ山36との接続部）の翼厚はねじ山36の山幅 $d = 5.65\text{mm}$ と同一である。

【0071】また、前記気体移送用溝42の底面の下流

端は前記ねじ溝37の底面の上流端に連続するように形成されている。前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2は、回転子Hの回転時に上流端から取り入れた気体を圧縮して前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端に移送する。前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の前記気体移送用溝42底面の下流端と前記ねじ溝37の上流端とは滑らかに接続されている。気体移送用溝42は、下流端から上流に行くに従って気体移送用溝42の溝深さが回転軸方向に直線的に減少している。この場合、前記気体移送用溝42の軸方向全長にわたる底面と前記ねじ溝37の上流端の底面とのテーパ角度（前記各底面の軸方向の傾斜角度）は同一に設定されている。なお、前記気体移送用溝42の軸方向の上流側部分の溝深さを軸方向に直線的に減少させた場合に、前記上流側部分のテーパ角度（テーパ面の中心角の $1/2$ ）を、前記ねじ溝37の上流端の底面のテーパ角度（テーパ面の中心角の $1/2$ ）よりも大きい角度に設定することが可能である。その場合には、気体移送用溝42の下流端部は、回転軸方向に沿って外側に凸となるように湾曲する曲面に形成することにより、前記上流部の気体移送用溝42の底面と前記ねじ溝37の上流端の底面とを滑らかに接続することが好ましい。

【0072】図1において前記回転軸Jの寸法を示す ϕ 、 r 、 $r_0 \sim r_2$ は次の部分を意味している。

ϕ ：回転軸Jの外径。

r ：前記回転軸Jに垂直な断面内の前記翼41の根元（翼41と気体移送用溝42との接続部）またはねじ山36の根元（ねじ山36とねじ溝37との接続部）に接する円の半径。

r_0 ：ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端またはターボ分子ポンプ型気体移送部S2の下流端の根元半径。

r_1 ：ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の下流端の根元半径。

r_2 ：ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流端の根元半径。

【0073】前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端の根元半径 r_0 と、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の下流端の根元半径 r_0 とは同一の値である。このため、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の気体移送用溝42下流端の底面と、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1のねじ溝37の上流端の底面とは、滑らかに連続する。また、前記回転軸Jに垂直な断面内の前記翼41の根元に接する円の直径である根元径（ $2 \times$ 根元半径 r ）が上流側に行くに従って外径の縮小する円錐面上に有るように形成されている。このため、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2は、上流に行くに従って気体移送用溝42の溝深さが直線的に深くなっている。なお、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2は、軸方向上流側に所定の長さ離れる毎に、直線の傾きが大きくなる折れ線的に深く形成したり、連続曲線（放物線）に沿って深く形成

したりすることが可能である。

【0074】前記本発明の実施例1の複合型ポンプPは、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端の体積流量（気体取り込み量）とターボ分子ポンプ型気体移送部S2の下流端の体積流量（排気量）とが大きく異なると全体としての排気性能が低下する。したがって、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の下流端およびねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端の体積流量が一致するように構成される。前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の設計にはねじ溝式ポンプの設計理論を利用し、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の設計にはターボ分子ポンプの設計理論を利用することができる。前記ねじ溝式ポンプおよびターボ分子ポンプの設計理論を利用することにより、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の下流端の体積量と前記ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端の体積流量とが一致する複合型ポンプPを容易に設計することが可能である。

【0075】前記ねじ溝式ポンプおよびターボ分子ポンプの設計理論を利用して前記複合型ポンプPを設計する場合、例えば次の手順で設計することができる。

（真空中で使用する複合型ポンプの設計方法）まず、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の設計の基準となる基準形状パラメータを定める。前記基準形状パラメータを決めた後で、通常のねじ溝式ポンプの設計方法と同様の手順で他の形状パラメータを定めることができる。例えば、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端（吸気端）におけるアスペクト比（ a/e ）は3以上、前記溝幅比（ $a/a+d$ ）は約0.9、ねじ傾斜角 α は $30 \sim 40^\circ$ の範囲内で適当に定める。

【0076】すなわち、前記基準形状パラメータの初期値を、例えば次のように定める。なお、この初期値を元にして他の形状パラメータを調節しながら決定するが、基準パラメータの初期値も調整することもある。また、他の形状パラメータの調節により基準形状パラメータも変化する。例えば、取り込み流量（体積流量） V の値は初期値では $V=300\text{ L/s}$ （リットル/秒）としても、溝幅、溝幅比等を具体的に決定した段階では、前記 V の値は異なる。

(1) $r_0 = (174/2)\text{ mm} = 87\text{ mm}$

r_0 ：ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端の根元半径

(2) 取り込み流量（体積流量） V ： $V=300\text{ L/s}$ （リットル/秒）

(3) 回転子Hの直径（ロータ直径） $\phi=200\text{ mm}$

(4) 溝直角断面でのアスペクト比（ a/e ） $=4.0$

（ a ：溝直角断面での溝幅、 e ：ケーシング内面から測った溝深さ、すなわち、ケーシング内面と溝37の底との距離）

(5) 溝幅比（ $a/a+d$ ） $=0.91$

（ a ：溝直角断面での溝幅、 d ：溝直角断面での山幅）

(6) 上流端のねじ傾斜角 $\alpha 1 = 30^\circ$
 ($\alpha 1$ = ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端のねじ傾斜角)

(7) すき間係数 $\beta (= e/\delta) = 2.3$
 (e : ケーシング内面から測った溝深さ、 δ : 半径すき間、すなわち、ケーシング内面とねじ山の表面との距離、 $e = \delta + b$ 、 b = 溝深さ。)

(8) 回転数 $N = 24000 \text{ rpm}$
 【0077】前記基準形状パラメータの値を定めてから、ねじ溝式ポンプの設計理論により、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の他の形状パラメータ(ケーシングの内径、ねじ山の山幅($d = 5.65 \text{ mm}$)、溝深さ、溝幅比、等)を定める。その場合、前記溝幅比は、気体移送方向下流側に行くに従って減少し、下流端では0.5~0.6程度とされる。下流側に行くに従って減少するねじ傾斜角 α 、ねじ溝としての最適な溝深さ、溝幅、ねじ条数等も決定される。本実施例では次のように決定される。

(11) ねじ条数 = 5
 (12) 溝幅 $a = 57.18 \text{ mm}$
 (13) 山幅 $d = 5.65 \text{ mm}$
 (14) 溝深さ $e = 14.29 \text{ mm}$
 (15) ねじ溝部の開口面積 $= 41 \text{ cm}^2$
 (16) ケーシング6の内径 $= 201.24 \text{ mm}$
 (前記(7)より $\delta = (e/2.3) = (14.29/2.3) = 0.62$ (=半径隙間)、ケーシング内径 = 回転子Hの直径(ロータ直径) $+ 0.62 \times 2 = 200 + 1.24 = 201.24 \text{ mm}$)

(17) ねじ溝式ポンプとしての設計排気速度 $V = 282 \text{ L/s}$ (リットル/sec)

形状パラメータが定まると、排気速度Vは次式で表せる。

排気速度 = 溝幅 $a \times$ 溝深さ $e \times \pi \times$ 回転数 $N \times$ 溝条数 $5 \times$ 直径 $r_0 \times$ ポンプ効率 $/ 2$

なお、ポンプ効率は幾何学的形状と周速度、すき間等の関係から決定される。

【0078】次に、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の設計に必要な基準形状パラメータを定める。本実施例1のターボ分子ポンプ型気体移送部S2の構成要素(翼41、気体移送用溝42等)は、通常のターボ分子ポンプの上流端(第1段)の動翼と同様に気体を取り込む機能を有する部材である。したがって、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の構成要素(翼41、気体移送用溝42等)の基準形状パラメータ等の値の決定は、従来のターボ分子ポンプの上流端と同様に決定することができる。基準形状パラメータを決めた後で、通常のターボ分子ポンプの設計理論を用いて他の形状パラメータを定めることができる。

【0079】すなわち、前記基準形状パラメータとして、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の下流端の体積

流量(排気量)V、圧縮比R、スペーシングコード比(S_o/b)、翼角 θ 等の値を例えば次のように定める。

(21) 排気量(体積流量)V: $V = 282 \text{ (L/s = リットル/s)}$

但し、 $V = \{\text{ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の下流端の体積流量(排気量)}\} = \{\text{ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の排気量、すなわち、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端の取り込み量}\}。$

10 (22) 圧縮比R: $R = 2.63$

(この場合、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流端(吸気端)での設計排気速度 $= V \times 2.6 = 282 \times 2.63 = 742 \text{ (L/s = リットル/s)}$ となる。)なお前記圧縮比Rは初期設定値であり、実際の設計過程で他の複数の形状パラメータの値を調整しながら定めるときに変化する。その場合、最終的な排気速度も初期設定値と異なってくる。

【0080】(23) スペーシングコード比(S_o/f): $(S_o/f) = 1.0$

20 (スペーシングコード比は、翼41の上流端から下流端までの長さをfとし、隣接する各翼の間隔を S_o とした場合に(S_o/f)で算出される値である。但し、 S_o = 隣接する翼41の上流端の間隔と下流端の間隔との平均値である。前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2上流端の翼41のスペーシングコード比は、一般的なターボ分子ポンプの吸気側動翼と同様に 1 ± 0.2 程度の範囲で決定することが可能である。本実施例1では、通常のターボ分子ポンプの上流端のスペーシングコード比で一般的に採用される1.0に決定する。)

30 (24) 翼角 $\theta = 30^\circ$

(通常、翼角 θ は、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1上流端のねじ傾斜角 α に対して $\theta \geq \alpha$ とする。また、 $\theta = 30^\circ \sim 40^\circ$ の範囲で決定されるが、排気効率は $\theta = 30^\circ$ と 40° とで大きな差が無く、 40° の方が圧縮性能が低下するため、本実施例では $\theta = 30^\circ$ を採用する)。

【0081】(25) 上流端の翼厚 $W1 = 2 \text{ mm}$

40 (上流端の翼厚Wは強度が保てる範囲でできるだけ薄い方が、吸気口の開口面積が大きくなるので好ましい。この理由で上流端の翼厚 $W1 = 2 \text{ mm}$ とする。翼41の下流端の翼厚 $W2$ は、前述したように、ねじ山36の山幅 $d = 5.65 \text{ mm}$ と同一である。すなわち、 $W2 = 5.65 \text{ mm}$ である。本実施例1では翼41は平板状であるので、翼厚Wの平均値 W_a は $W_a = (W1 + W2) / 2 = 3.33 \text{ mm}$ である。)

(26) 翼41の枚数 = 5

(下流側のねじ溝式ポンプ型気体移送部S1のねじ溝37の条数 = 5 から、翼41の枚数 = 5 枚に決定する)。

50 【0082】前記基準形状パラメータの初期値を定めてから、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の排気量と前

ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1上流端の気体取り込み量とが同一となる条件で、ターボ分子ポンプの設計理論によりターボ分子ポンプ型気体移送部S2の他の形状パラメータのおよその値を定める。なお実際には種々のパラメータの値を少しづつ変更しては計算を繰り返し行って各パラメータの適切な値を決定する。値を前記設計理論の計算を行う際、例えば、上流端と下流端とで翼厚Wの異なる翼41の翼厚の値としては翼厚の平均値 $W_a = (W1 + W2) / 2$ を使用し、翼のピッチ（隣接する翼の間隔）が上流端と下流端とで異なる場合も上流端のピッチから下流端のピッチまでの全てのピッチの平均値*

排気速度 = 翼開口面積 $\times 11.6 \times$ 効率

= (1条当たりの面積) \times 条数 (= 5) $\times 11.6 \times 0.618$

= (4.6 \times 4.5) $\times 5 \times 11.6 \times 0.618 = 742$

但し、前記11.6 (L / (s / cm²)) は気体分子が1 cm²を1秒間に通過する気体量であり、前記効率は回転数、翼角、翼長さ、根元径等から決定される値である。

(35) $r_2 = 45$ mm

但し、 r_2 : ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の翼41の上流端の根元半径である。前端の溝深さは翼部の形状要素から計算され、圧縮性能と排気速度の関係から決定される。なお、 $(r_0 - r_1) / (S2の軸方向長さ)$ は気体移送用溝42の平均傾斜角度に相当するが、平均傾斜角度が大きいと圧縮効率が低下し、平均傾斜角度が小さいとターボ分子ポンプ型気体移送部S2の必要長さが長くなるので、それらを考慮して前記 r_2 を適当な値に決定する。

【0084】このようにして設計した複合型ポンプPを試作し、試作した複合型ポンプPを使用して実験やテストを行い、若干の形状補正を行い、最適な形状を決定することにより、所望の排気量の高性能の大気中で使用する複合型ポンプ（または圧縮機）Pを容易に設計、製作することができる。

【0085】なお、大気中で使用する複合型ポンプの設計では、複合型ポンプの上流端の吸気口や下流端の排気口での気体流れの乱れを防止する構成（整流部材等）を設け、使用環境または使用目的に応じて、回転子の直径 ϕ や軸方向長さL等のサイズ、回転速度、圧縮率等を、例えば直径 $\phi = 100 \sim 300$ mm、長さ $L = 100 \sim 500$ mm、回転速度 $= 2000 \sim 30000$ rpm、圧縮率 $= (1/2) \sim (1/7)$ に設定して、ターボ分子ポンプ理論およびねじ溝式ポンプ理論を用いて、大気中で優れた性能を得られる小型の複合型ポンプを設計することができる。

【0086】前記複合型ポンプの設計方法より、設計された大気中で使用する複合型ポンプの前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流端には雌ねじ46が形成されている。整流部材47は、雄ねじ48を有しており、前記雄ねじ48が前記雌ねじ46に螺合している。前記

*を使用する。

【0083】このようにして計算したターボ分子ポンプ型気体移送部S2の形状パラメータの計算値は、例えば次の(31)～(35)のようになる。

(31) 翼の円周方向の長さ $= 46$ mm

(32) 翼の軸方向の長さ $= 46$ mm

(33) 吸気側開口面積 $= 213$ mm²

(34) 翼の吸気側端部での設計排気速度 $= 742$ L / s
ここでの排気速度は高真空領域（分子流領域）の計算式（次式参照）で計算した値である。

整流部材47は上流側に突出する軸対称な曲面により形成された気流ガイド面49を有している。前記気流ガイド面49の下流端は、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の気体移送用溝42の底面の上流端に滑らかに連続するように形成されている。したがって、整流部材47は、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の前記気体移送用溝42の上流端の溝底面に気流をガイドする。

【0087】（実施例1の作用）前記構成を備えた実施例1の複合型ポンプPでは、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流端に、通常のターボ分子ポンプの上流端の第1段目の動翼と同様の翼41を使用するので、従来のねじ溝式ポンプの上流端の吸気口面積に比較して、吸気口面積を大幅に広げることができる。この結果、翼41の幾何学的形状により気体分子の飛び込み確率が決定される自由分子領域での排気速度を大幅に増加でき、しかも、圧縮性能も維持することができる。前記整流部材47は、特に気体密度の高い大気中および低真空領域において、複合型ポンプの上流端部の気流を整流して、乱流の発生を少なくすることができるので、複合型ポンプの上流端部での気体流の抵抗が低くなり、で気体移送効率が高くなる。

【0088】ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の前記翼41の下流端（吐出側の端）は、すべり流領域（低真空領域）および大気圧下でも排気速度が大きいねじ溝式ポンプ型気体移送部S1に接続している。ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1のねじ山36の山幅 d がターボ分子ポンプ型気体移送部S2の翼41の上流端の翼厚 $W1$ よりも厚いので、翼41は上流端から下流端に行くに従って徐々に翼厚が増加して、ねじ山36の上流端に接続している。そして、翼41およびねじ山36の接続部での急激な形状変化による気体の流れの乱れが発生して排気効率が低下してしまうことが無いようになっている。

【0089】なお本実施例1では、翼41の翼角 θ とねじ傾斜角 α とは、 $\theta = \alpha = 30^\circ$ に設定されているので、平板状の翼41とねじ山36の上流端と滑らかに接続することができる。これにより、翼41下流端とねじ

山36の上流端との接続部での気流の乱れの発生を防止することができる。また、本実施例1では、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の翼41の下流部S2bの根元径を下流端に行くに従って大きくする（すなわち、上流端に行くに従って縮小する）ことにより、気体移送用溝42の底面に軸方向に沿ってテーパを付けている。このようにして、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2からねじ溝式ポンプ型気体移送部S1への形状変化を滑らかに移行させているので、移送気体の乱れの発生を防止することができる。

【0090】また、本実施例1の複合型ポンプPは、吸気側に位置するターボ分子ポンプ型気体移送部S2によって気体分子を取り込み、ある一定の圧力までこの気体を圧縮する。圧縮された気体の体積は小さくなるため、次のねじ溝式ポンプ型気体移送部S1で取り込む気体の体積は、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2における場合よりも少なく済む。ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1では、更に気体の圧縮を連続して行うので、ねじ溝37の容積も連続して小さくなる。本実施例1では、前述のように、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2から吐出される気体の圧力と体積に応じたねじ溝式ポンプ型気体移送部S1が設計されている。したがって、複合型ポンプP全体としての気体移送性能（圧縮性能、排気速度等）を高めることができる。また、前記複合型ポンプPの気体移送用溝42、およびねじ溝37を流れる気体はスムーズに移送されるため、発熱量が小さくなり、回転子Hの材料の強度低下が少なくなるため、大気圧近辺の高い圧力領域でも運転可能となる。

【0091】また、前記回転子Hの下流端からリング状の排気空間Gに旋回しながら吐出された気体は、リング状の気体旋回用溝2aを旋回しながら下方に移動し、前記気体旋回用溝2aの下端部から前記接線方向排気孔2bに排出される。このとき、前記整流板2dは旋回気流を前記接線方向排気孔2bの方向に向かわせる。このため、回転子H下流端から排気空間Gに排気された気体は、大きな抵抗を受けることなく、スムーズに前記接線方向排気孔2bおよびその下流端に接続された排気管接続部材4を通して、複合型ポンプPの外部に排出される。このため、特に気体密度の高い低真空領域および大気中において、複合型ポンプの下流端部の乱流の発生を少なくすることができるので、複合型ポンプの下流端部での気体流の抵抗が低くなり、気体移送効率が高くなる。

【0092】（実施例2）図4は本発明の複合型ポンプの実施例2の縦断面図である。図5は本発明の複合型ポンプの実施例2の回転子の要部説明図で前記実施例1の図2に対応する図であり、回転子の外側面の要部展開図である。図6は前記図4のVI-VI線断面図である。図7は実施例2の排気孔の構造説明図で要部斜視図である。なお、この実施例2の説明において、前記実施例1

の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付して、その詳細な説明を省略する。この実施例2は、下記の点で前記実施例1と相違しているが、他の点では前記実施例1と同様に構成されている。

【0093】図4～5において、本実施例2では下流部S2bの各翼41の間に形成される気体移送用溝42の底面は、回転軸方向に沿って外側に凸となるように湾曲する曲面に形成されている。実施例2のフランジ2に形成された接線方向排気孔2bは前記実施例1と同様であるが、気体旋回用溝2a'は底面が螺旋状に傾斜して深くなっている点で前記実施例1の深さ一定の気体旋回用溝2aと相違している。そして、前記気体旋回用溝2a'の一番深い位置に前記接線方向排気孔2bの上流端が接続している。

【0094】図5において、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流部S2aの翼41は平板状であり、下流部S2bの翼41は曲板状である。そして、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端のねじ傾斜角 $\alpha 1 = 30^\circ$ であり、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流部S2aの翼41は翼角 $\theta = 40^\circ$ である。そして、翼41の下流部の曲板状部分は湾曲してねじ溝式ポンプ型気体移送部S1のねじ山36の上流端に滑らかに接続している。図5に示す実施例2のターボ分子ポンプ型気体移送部S2では1つの翼41の下流端とその隣の翼41の上流端とは円周方向で同一の位置に配置されているが、1つの翼41の下流端とその隣の翼41の上流端とは円周方向で離れた位置に配置することも可能である。

【0095】図4、図5において、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流部S2aの上流側端部S2c（図5参照）には、前記複数の各翼41の間にそれぞれ平板状の追加翼43が配置されている。前記追加翼43の翼厚tは上流端から下流端まで一定で、その値は $t = 2\text{ mm}$ である。また追加翼43の翼角 θ' は $\theta' = 40^\circ$ であり、前記翼41の上流側の平板部分の翼角 $\theta = 40^\circ$ と同一である。前記追加翼43の翼厚tは強度を保持できる範囲でできるだけ薄い方が好ましい。また、「追加翼」の翼角 θ' は、前記翼の翼角 θ （ $\theta \geq \alpha 1$ ）に対して $\theta' \geq \theta$ の範囲で定めることができる。また、本実施例2では、前記追加翼43の上流端は前記翼41の上流端と軸方向で同一位置に配置されているが、追加翼43の全部または上流側部分は、前記翼41の上流側に配置することも可能である。

【0096】（実施例2の作用）前記構成を備えた実施例2の複合型ポンプでは、ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流部S2cの前記複数の各翼41および、前記各翼41の間にそれぞれ配置された追加翼43の翼角 θ および θ' 、翼厚、長さ等を適当に設定することにより、気体取り込み量、気体圧縮比等を容易に調節することができる。また、前記追加翼43が平板により構成されるので、設計、製作が容易である。前記ターボ分子ポ

ンブ型気体移送部S2の上流部の翼41は翼角 θ が $\theta = 40^\circ$ であるので、前記実施例1の $\theta = 30^\circ$ よりも大きい。このため、高真空領域での排気速度を大きくすることができる。また、本実施例2では下流部S2bの各翼41の間に形成される気体移送用溝42の底面は、回転軸方向に沿って外側に凸となるように湾曲する曲面に形成されており、前記上流部S2aの気体移送用溝42の底面と前記ねじ溝37の底面とが滑らかに接続されている。このため、気体移送用溝42の底面と前記ねじ溝37の底面との接続部を流れる気体に乱れが発生し難くなっているため、移送される気体の抵抗が小さくなっている。

【0097】前記回転子Hの下流端からリング状の排気空間Gに旋回しながら排気される気体は、前記気体旋回用溝2a'の螺旋状の底面に沿って旋回しながら下方に移動し、気体旋回用溝2a'の下流端部から前記接線方向排気孔2bに排出される。このため、回転子H下流端から排気空間Gに排気された気体は、大きな抵抗を受けることなく、スムーズに複合型ポンプPの外部に排出される。このため、特に気体密度の高い大気中および低真空領域において、複合型ポンプの下流端部の乱流の発生を少なくすることができるので、複合型ポンプの下流端部の気体移送効率が高くなる。

【0098】(実施例3)図8は本発明の複合型ポンプの実施例3の縦断面図である。なお、この実施例3の説明において、前記実施例1の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付して、その詳細な説明を省略する。この実施例3は、下記の点で前記実施例1と相違しているが、他の点では前記実施例1と同様に構成されている。図8に示す本実施例3の複合型ポンプPは、前記実施例1の複合型ポンプPのターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流側にターボ分子ポンプ領域S3が設けられており、ターボ分子ポンプ領域S3には、動翼および静翼が気体移送方向に沿って交互に配置されたターボ分子ポンプ50が設けられている。

【0099】すなわち、実施例3の回転子Hには、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流端の上流側に複数の動翼51aを有する第1段の動翼車51および複数の動翼53aを有する第2段の動翼車53が設けられている。ケーシング6は内筒6aおよび外筒6bを有しており、内筒6aには、複数の静翼52aを有する第1段の静翼車52および複数の静翼54aを有する第2段の静翼車54が支持されている。前記前記各翼車51～54は、気体移送方向の上流側から動翼車51、53および静翼車52、54が交互に配置されている。前記各翼車51～54により前記ターボ分子ポンプ50が構成されている。なお、実施例3の複合型ポンプPの下流端部には、前記実施例2と同様の螺旋状の底面を有する気体旋回用溝2a'が設けられている。したがって、この実施例3の前記回転子Hの下流端からリング状の排気空

間Gに旋回しながら排気される気体は、前記実施例2と同様に前記気体旋回用溝2a'の螺旋状の底面に沿って旋回しながら下方に移動し、気体旋回用溝2a'の下流端部から前記接線方向排気孔2bに排出される。

【0100】(実施例3の作用)前記構成を備えた実施例3の複合型ポンプPは、前記ターボ分子ポンプ50により、前記実施例1に比較して、圧縮比および気体移送性能を高くすることができる。前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の翼41および溝42と、その上流側のターボ分子領域S3に配置した前記ターボ分子ポンプ50とを組み合わせることにより前記ターボ分子ポンプ50の翼車の段数を少なくしても、従来の翼車の段数の多いターボ分子ポンプと同様の排気性能が得られる。すなわち、翼車の段数が少なく、低コストでありながら、高性能の複合型ポンプPを提供することができる。なお、従来のターボ分子ポンプと同数の段数の翼車を設けた場合には前記従来のターボ分子ポンプより高い排気性能を得ることが可能となる。なお、この実施例3の回転子Hには、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の上流端の上流側に、ターボ分子ポンプ50を設けているので、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2の翼41の先端部の厚さが3mm以上であっても、高い排気性能を得ることができる。したがって、実施例3において、前記各翼(41)は上流端の翼厚(W1)が下流端よりも薄く且つ下流端が前記ねじ山(36)の上流端に連続するように形成することが可能である。

【0101】(実施例4)図9は本発明の複合型ポンプの実施例4の縦断面図である。なお、この実施例4の説明において、前記実施例3の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付して、その詳細な説明を省略する。この実施例4は、下記の点で前記実施例3と相違しているが、他の点では前記実施例3と同様に構成されている。この実施例4では、前記実施例3のターボ分子型気体移送部S2が省略されてその代わりに、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流部(ねじ溝式気体移送上流部)S1aが設けられている。

【0102】ねじ溝式気体移送上流部S1aは、ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の下流部と同様に、ねじ山36およびねじ溝37を有しており、ねじ山36の山幅はねじ溝式ポンプ型気体移送部S1の上流端から下流端まで同一である。ねじ溝式ポンプ型気体移送部S1のねじ溝37の上流端の外径は回転子Jの外径(回転子Jのねじ山の外径)の80%以下に設定される。そして、前記実施例3では、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部S2が、上流に行くに従って気体移送用溝42の溝深さが直線的に深くなっているのに対して、この実施例4のねじ溝式ポンプ型気体移送部S1ではねじ溝式ポンプの設計理論により軸方向上流側に所定の長さ離れる毎に、適切なねじ溝深さを計算しているため、前記気体移送上流部S1aの外径は、直線の傾きが軸方向上流側に所定長さ

離れる毎に大きくなる折れ線状に減少している。これはねじ溝式気体移送上流部 S1a のねじ溝 37 の深さが、ねじ溝式ポンプの理論により、軸方向に所定の長さ (4 mm) 離れる毎にねじ溝の深さを計算しているからである。

【0103】(実施例4の作用) この実施例4の回転子 H はその上流端部分に、ターボ分子ポンプ 50 を設けているので、前記実施例3のターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 の代わりに前記ねじ溝式気体移送上流部 S1a を設けることにより、高真空から大気圧まで使用可能な複
40 合型ポンプを構成することが可能である。但し、実施例4の前記ねじ溝式気体移送上流部 S1a を設けた複合型ポンプは、真空中における排気速度は低くなるので、前記実施例3と同様のポンプ性能を得るためには、前記実施例3のターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 を形成した場合に比較して、ターボ分子ポンプ 50 の動翼車 51、53 および静翼車 52、54 の段数を増加させれば良
い。

【0104】(実施例5) 図10は本発明の複合型ポンプの実施例5の縦断面図である。なお、この実施例5の
20 説明において、前記実施例3の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付して、その詳細な説明を省略する。前記実施例3では、ターボ分子ポンプ 50 を構成する翼車の段数が動翼車および静翼車共、2段であったが、この実施例5の翼車の段数は動翼車および静翼車が各1段である。このように、翼車の段数を1だけ設けた場合でも、翼車を設けない場合に比較して気体移送性能を向上させることができる。なお、この実施例5の回転子 H には、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 の上流端の上流側に、ターボ分子ポンプ 50 を設けているので、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 の翼 41 の先端部の厚さが 3 mm 以上であっても、高い排気性能を得ることができる。したがって、実施例5において、前記各翼 (41) は上流端の翼厚 (W1) が下流端よりも薄く且つ下流端が前記ねじ山 (36) の上流端に連続するように形成することが可能である。

【0105】(実施例6) 図11は本発明の複合型ポンプの実施例6の縦断面図である。なお、この実施例6の
40 説明において、前記実施例3の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付して、その詳細な説明を省略する。前記実施例3では、ターボ分子ポンプ 50 を構成する翼車の段数が動翼および静翼共、2段であったが、この実施例6の翼車は動翼車 51 が1段設けられているだけで、静翼車は設けられていない。このように、動翼車 51 を1だけ設けた場合でも、設けない場合に比較して気体移送性能を向上させることができる。

【0106】(実施例7) 図12は本発明の複合型ポンプの実施例7の縦断面図である。なお、この実施例7の
50 説明において、前記実施例3の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付して、その詳細な説明を省略す

る。前記実施例3では、ターボ分子ポンプ 50 を構成する翼車の段数が動翼車および静翼車共、2段であったが、この実施例7では、3段の動翼車 51、53、57 および3段の静翼車 52、54、56 が設けられている。このように、動翼車および静翼車の段数を増加させることにより、実施例7の複合型ポンプ P を真空ポンプとして使用した場合の気体移送性能を向上させることができる。なお、大気中で使用する場合には、三次元的にねじった形状の動翼、静翼の段数を増加させることにより、圧縮比等の効率を高めることができる。なお、本実施例7の内筒 6a の外側面には前記外筒 6b との間に空間 r を形成するための凹部が形成されており、回転子 H が破断した時に、内筒 6a および外筒 6b が同時に破損せずに、最初に内筒 6a が破損してから外筒が破損するように構成されている。すなわち、前記空間 r を形成する内筒 6a 外側面の凹部は、内筒および外筒同時破損防止用凹部として形成されている。

【0107】(実施例8) 図13は本発明の複合型ポンプの実施例8の縦断面図である。なお、この実施例8の
説明において、前記実施例7の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付して、その詳細な説明を省略する。前記実施例7では、ターボ分子ポンプ 50 を構成する翼車の段数が動翼車および静翼車共、3段であったが、この実施例8では、5段の動翼車 51、53、57、55、59 および5段の静翼車 52、54、56、58、60 が設けられている。このように、動翼車および静翼車の段数を増加させることにより、実施例8の複合型ポンプ P を真空ポンプとして使用した場合の気体移送性能を向上させることができる。

【0108】(変更例) 以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内で、種々の変更を行うことが可能である。本発明の変更実施例を下記に例示する。

(H01) 前記実施例2のターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 には、追加翼 43 の上流側にさらに別の追加翼を設けることが可能である。すなわち、ターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 に複数段の追加翼を設けることが可能である。その場合、ターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 の
40 圧縮性能を向上させることが可能である。

(H02) 前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 の上流側に、気体の流れる方向に沿って1段以上の動翼および静翼を交互に配置したターボ分子ポンプを配置した各実施例では、交互に配置した動翼および静翼の段数は多い程高い排気性能を得ることができる。その場合、前記ターボ分子ポンプ型気体移送部 S2 の翼 41 の先端部の厚さが 3 mm 以上であっても、高い排気性能を得ることができる。

(H03) 実施例で使用した磁気軸受けの代わりに動圧軸受け等の他の軸受けを使用可能である。

【0109】

【発明の効果】前述の本発明の複合型ポンプは、下記の効果（E01）、（E02）を奏することができる。

（E01）ターボ分子ポンプ型の気体移送部の下流側にねじ溝式ポンプ型気体移送部を有する複合型ポンプにおいて、大気中でポンプまたは圧縮機として使用可能且つ、真空ポンプとしても使用可能な小型で構成が簡素な複合型ポンプ（または複合型圧縮機）を提供することができる。

（E02）大気中において、ターボ分子ポンプ型気体移送部は大きな気体移送量が得られ、ねじ溝式ポンプ型気体移送部は優れた圧縮機能を有するので、本発明の複合型ポンプは、大気中で優れたポンプまたは圧縮機として使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は本発明の複合型ポンプの実施例1の縦断面図である。

【図2】 図2は本発明の複合型ポンプの実施例1の回転子の要部説明図で、回転子の外側面の要部展開図である。

【図3】 図3は同実施例1の気体排出路の説明図で、前記図1のIII-III線断面図である。

【図4】 図4は本発明の複合型ポンプの実施例2の縦断面図である。

【図5】 図5は本発明の複合型ポンプの実施例2の回転子の要部説明図で前記実施例1の図2に対応する図であり、回転子の外側面の要部展開図である。

【図6】 図6は前記図4のVI-VI線断面図であ *

＊る。

【図7】 図7は実施例2の排気孔の構造説明図で要部斜視図である。

【図8】 図8は本発明の複合型ポンプの実施例3の縦断面図である。

【図9】 図9は本発明の複合型ポンプの実施例4の縦断面図である。

【図10】 図10は本発明の複合型ポンプの実施例5の縦断面図である。

10 【図11】 図11は本発明の複合型ポンプの実施例6の縦断面図である。

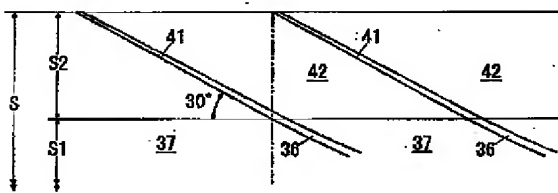
【図12】 図12は本発明の複合型ポンプの実施例7の縦断面図である。

【図13】 図13は本発明の複合型ポンプの実施例8の縦断面図である。

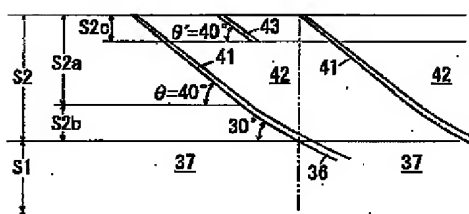
【符号の説明】

リング状の排気空間、G…H…回転子、J…回転軸、S…気体移送部、S1…ねじ溝式ポンプ型気体移送部、S2…ターボ分子ポンプ型気体移送部、W1…上流端の翼厚、 θ …翼角、2d…排気孔、2a、2a'…気体旋回用溝、2b、2e2…接線方向排気孔、6…ケーシング、36…ねじ山、37…ねじ溝、41…翼、41c…上流端部、42…気体移送用溝、49…気流ガイド面、47…整流部材、51、53、55、57、59…動翼車、52、54、56、58、60…静翼車、51a、53a…動翼、52a、54a…静翼、50…ターボ分子ポンプ、

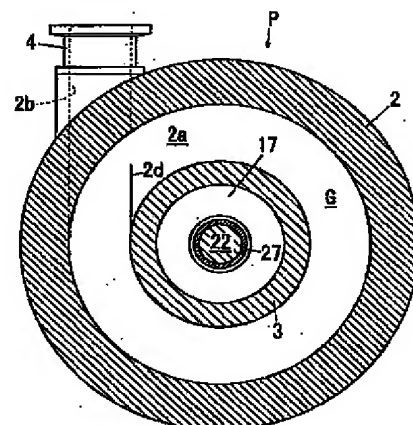
【図2】



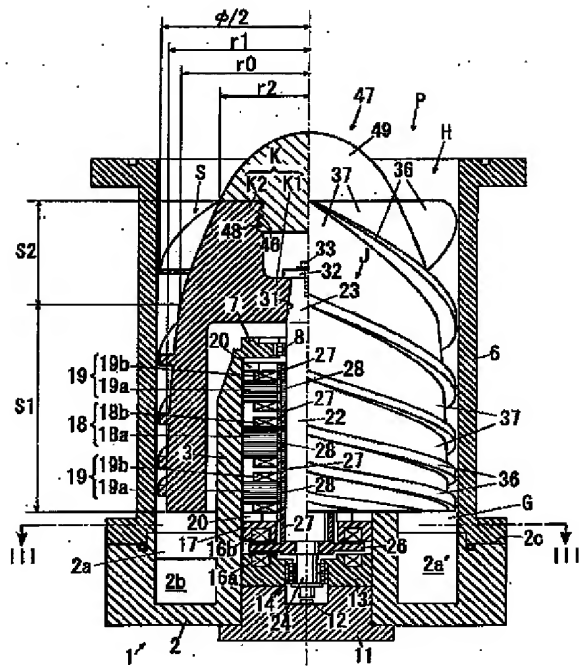
【図5】



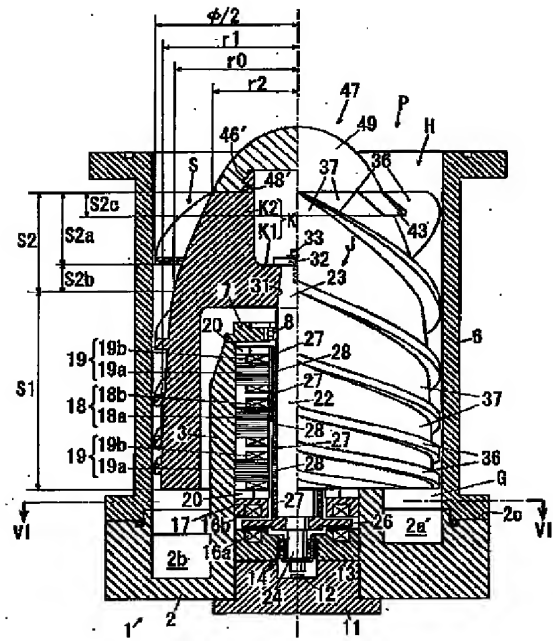
【図3】



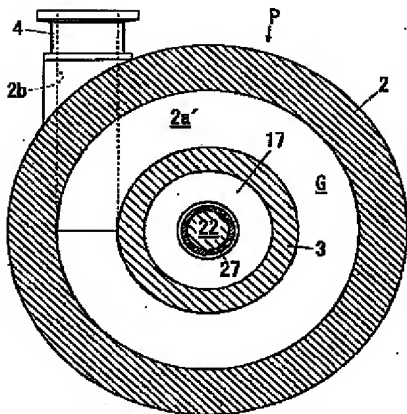
【図1】



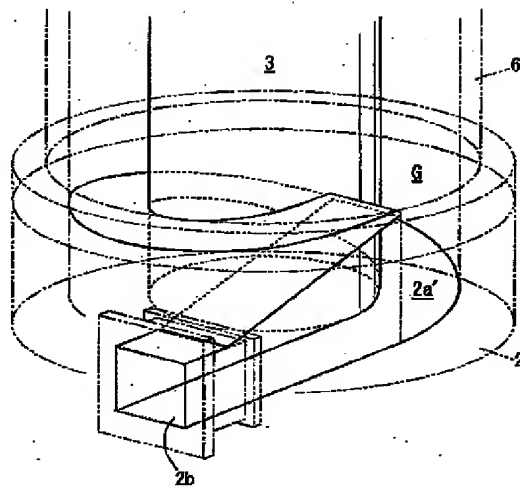
【図4】



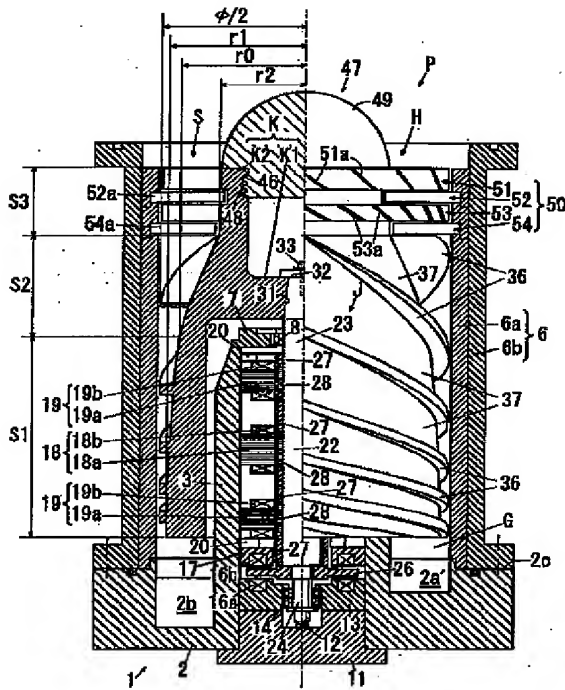
【図6】



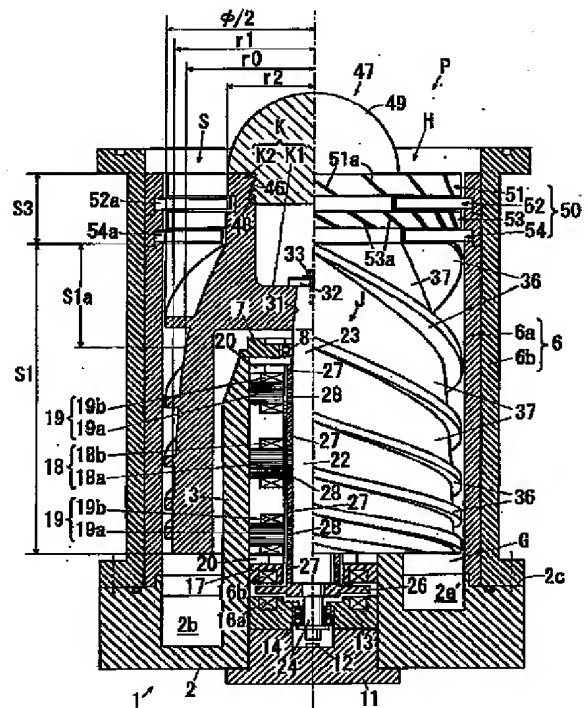
【図7】



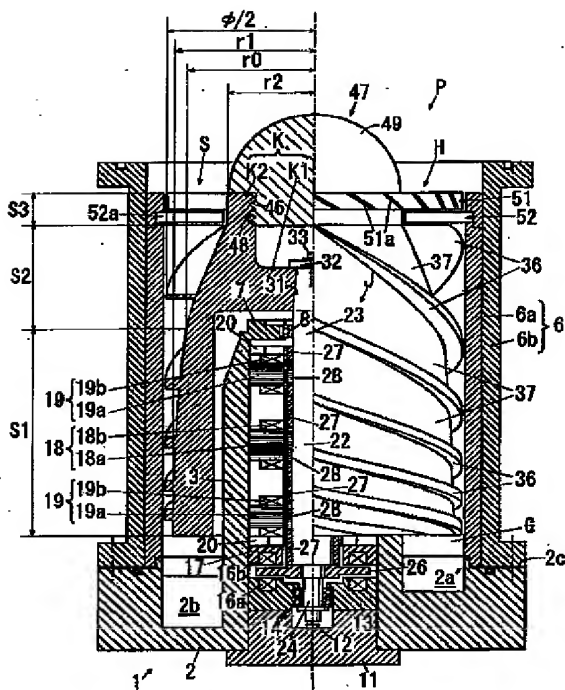
【図8】



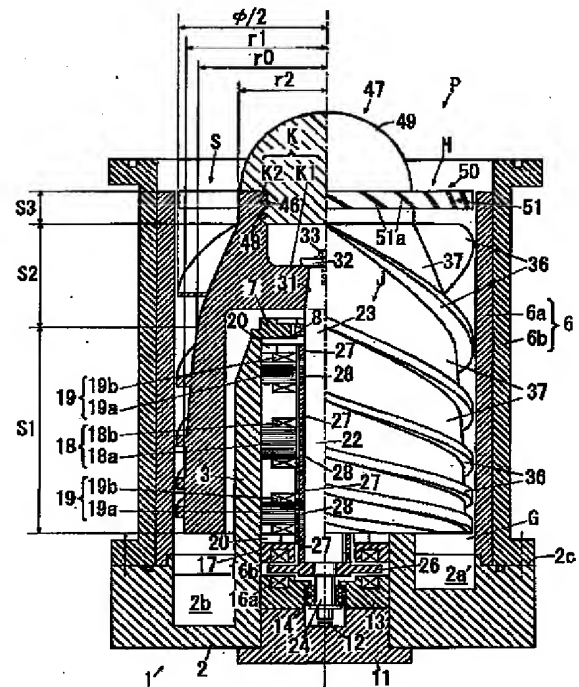
【図9】



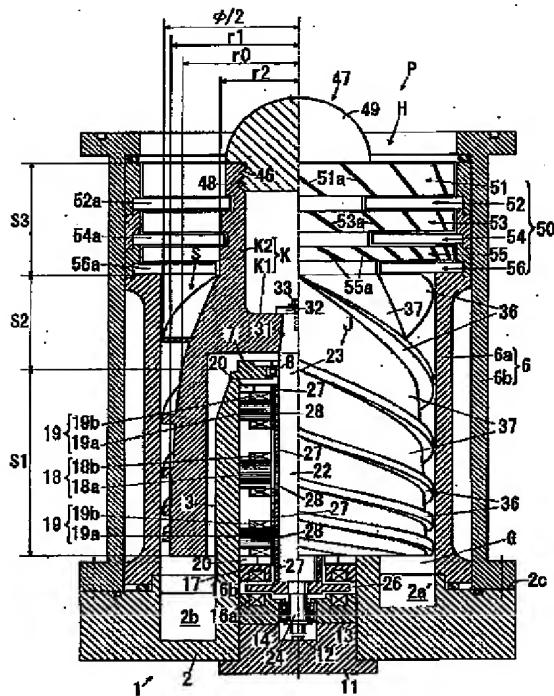
【図10】



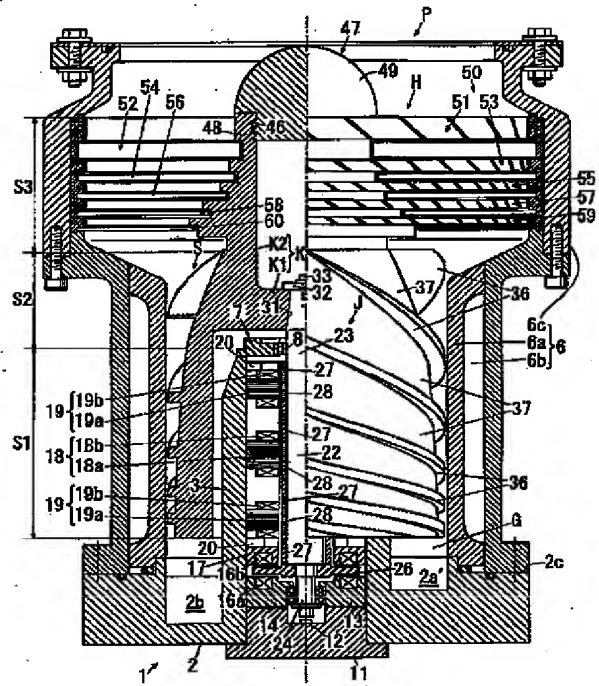
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F 0 4 D 29/32

識別記号

29/38

29/54

F I

F 0 4 D 29/32

29/38

29/54

テーマコード (参考)

B

F

A

C

E

(72)発明者 周 榮源

台湾台中県414烏日郷長春街347巷10号

F ターム (参考) 3H031 DA01 DA02 DA07 DA08 EA00

FA01 FA02 FA31 FA36

3H033 AA01 AA02 AA12 BB01 BB08

BB11 CC01 CC03 CC07 DD03

DD06 DD29 DD30 EE19

3H034 AA01 AA02 AA12 BB01 BB08

BB11 CC01 CC03 CC07 DD01

DD04 DD05 DD28 DD30 EE18

3H040 AA08 BB00 BB07 CC09 DD01

DD07 DD11 DD27 DD28